

Jan Salin

Älykoti ikääntyvien kotihoidon tukena

Tietotekniikan
pro gradu -tutkielma
24. marraskuuta 2014

Jyväskylän yliopisto

Tietotekniikan laitos

Kokkolan yliopistokeskus Chydenius

Tekijä: Jan Salin

Yhteystiedot: jan.salin@kokkola.fi

Puhelinnumero: 0400-163 660

Ohjaaja: Ismo Hakala

Työn nimi: Älykoti ikääntyvien kotihoidon tukena

Title in English: Smart home to support elderly home care

Työ: Tietotekniikan pro gradu -tutkielma

Sivumäärä: 68

Tiivistelmä: Väestö ikääntyy Euroopassa ja myös Suomessa kiihtyvää vauhtia, jonka seurauksena huollettavien määrä työikäisiin nähden kasvaa hälyttävää vauhtia. Erityisesti ikäihmisten hoitotyö on ollut viime vuosina suuren muutospaineen alla ja kehitystä on pyritty saavuttamaan niin itse hoitotyön tehostamisen kautta, kuin erilaisten apuvälineiden käytön avulla. Yksi tietojenkäsittelyn tarjoama apu tähän kaikkeen on langattomat sensoriverkot ja älykodit ikäihmisten kotihoidon tukemiseen.

Tutkimuksessa haastateltiin avoimen keskustelun kautta Kokkolan kaupungin kotihoidon ja vanhuspalveluiden esimiehiä ja koottiin heidän mielipiteidensä mukainen tavoitetaso siitä, minkälaisena he näkevät hyödyllisen älykotiratkaisun Kokkolassa. Käytyjen keskustelujen ja tutkimuksessa esitettävän teorian avulla, työssä esitetään mahdollinen case-tapaus Kokkolan kotihoidolle sopivasta älykodista.

Avainsanat: Älykoti, WSN-langaton sensoriverkko, PAN-verkko, BAN-verkko

Abstract: Population in Europe and in Finland is aging at an accelerating pace. As a result the number of dependants respect to the number of people of working age is growing at an alarming pace. In particular, pressure of change in elderly home care has been big and efforts have been made to achieve the improvement through increasing the performance of home care and through the use of various tools. One of the data processing assistance offered to all this is the wireless sensor networks and the support of smart homes to the elderly home care.

City of Kokkola home care supervisors were interviewed through open debate and their opinions were collected to hear their version of useful smart home solution. Through the discussions and theory presented, this paper provides a possible case for appropriate smart home solution for the city of Kokkola.

Keywords: Smarthome, WSN-wireless sensor network, PAN-network, BAN-network

Copyright © 2014 Jan Salin

All rights reserved.

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Ikääntyminen ja sen synnyttämät haasteet	3
2.1	Ikääntyminen Euroopan Unionissa	3
2.2	Ikääntyminen Suomessa	5
2.3	Ikääntymisen vaikutukset hoitopalveluihin	7
3	Langattomat sensoriverkot	10
3.1	Määritelmä	10
3.2	Sensoriverkon ominaisuuksia	13
3.2.1	Virrankulutus	13
3.2.2	Hinta	14
3.2.3	Saavutettavuus	14
3.2.4	Turvallisuus	15
3.3	Haasteet	15
3.3.1	Energialähde ja energiatehokkuus	16
3.3.2	Ylläpito ja huolto	16
3.3.3	Langaton yhteys	17
3.3.4	Turvallisuus ja luotettavuus	17
3.4	Tulevaisuus	18
3.5	Sovelluskohteita	19
4	Langaton sensoriverkko terveydenhuollossa	21
4.1	Tekniset haasteet	21
4.2	Yleiset hyödyt	25
4.2.1	Juridiset kysymykset	27
4.3	Suunnittelussa huomioitavaa	27
4.3.1	Body Area Network	27
4.3.2	Personal Area Network	28
4.3.3	Yhdyskäytävä ja Wide Area Network	28
4.3.4	Loppukäyttäjän sovellus	29

4.4	Terveydenhuollon sovelluksia	29
4.4.1	Päivittäisen aktiivisuuden seuranta	29
4.4.2	Kaatumisen ja liikkeen seuranta	30
4.4.3	Esimerkki: HipGuard	31
4.4.4	Sijainnin paikannuksen seuranta	31
4.4.5	Lääkityksen seuranta	32
4.4.6	Terveydentilan seuranta	33
4.4.7	Esimerkki: Alarmnet	33
5	Älykoti vanhustalveissa	35
5.1	Älykodin hyödyt	35
5.2	Älykodin haasteet	36
5.3	Tulevaisuuden näkymät	38
5.4	Esimerkkejä tutkimuksista ja toteutuksista	39
6	CASE Kokkola	42
6.1	Haastattelut	42
6.2	Kokkolan haasteet	43
6.3	Kokkolan tarpeet	45
6.4	Järjestelmän yleiskuvaus ja arkkitehtuuri	48
6.4.1	Gateway ja Sensoriverkko	50
6.4.2	Tiedon tallennus ja loppukäyttäjäsovellus	52
6.5	Rajattu ensivaiheen toteutus	54
6.6	Esimerkki tapauksia	54
6.7	Järjestelmän jatkokehitys	55
7	Yhteenveto	59
	Lähteet	61

1 Johdanto

Väestö ikääntyy Suomessa hurjaa vauhtia ja tämä aiheuttaa paineita muun muassa sosiaali- ja terveydenhuollolle [39]. Muun muassa Sitran tuottamassa Seniori-Suomi raporttissa [35] väestön ikääntyminen esitetään kestäättömänä tilanteena, joka vaatii uusien ratkaisujen löytämistä ikäihmisten terveyden ylläpitämiseen. Tulevaisuuden vanhustenhuolto on keskittymässä pääosin kotihoitoon ja kotona annettaviin palveluihin, jolloin paine näiden palvelumuotojen kehitykselle ja hoitohenkilöstön resurssien riittävyydelle ovat suuret. Yksi ratkaisu näihin haasteisiin on langattomiin sensoriverkkoihin perustuva älykoti.

Langattomien sensoriverkkojen ja niihin perustuvien älykotien tutkimustyö on ollut vilkasta jo reilun kymmenen vuoden ajan. Langattomia sensoriverkkoratkaisuja löytyy jo laajasti integroituna arkipäivän elämään, kuten autoteollisuuteen ja kodin teknologiaan. Myös älykoti-toteutuksia on useita, joiden avulla on muun muassa kyetty tukemaan ikäihmisten pärjäämistä yksin kotona ja siten vähentämään kotihoitoon kohdistuvia paineita. Hyvinä esimerkkeinä tällaisista ratkaisuista ovat Yhdysvalloissa kehitetyt Alarmnet [45] ja Gator Tech [22].

Tämä Pro Gradu -tutkielma selvittää, onko älykoti soveltuva Kokkolan kaupungin vanhuspalveluiden haasteisiin ja mitä hyötyjä tällaisella älykodilla olisi erityisesti kotona asuvien ikäihmisten tukemisessa. Tämän selvittämiseksi huomioidaan ensin kahden avoimen haastattelumenetelmän kautta kerätty tieto Kokkolan kotihoidon nykytilanteesta, sekä heidän tulevaisuuden tavoitteistaan. Tämän jälkeen suunnitellaan taustatietoa hyväksikäyttäen ja case-esimerkin avulla yksi mahdollinen älykotiratkaisu. Case-esimerkin älykoti perustuu langattomaan sensoriverkkoon ja tukee Kokkolan kaupungin nykypäivän kotihoitoa ja sen kehitystä. Suunniteltava case-esimerkki toimii samalla apuna Kokkolaan perustettavassa älykoti-projektissa, jonka tarkoituksena on tuottaa markkinoille toimiva ja todellisten tarpeiden mukainen järjestelmä.

Työ etenee siten, että ikääntymistä ja sen synnyttämiä haasteita kuvataan tarkemmin luvussa 2. Luvussa 3 käydään läpi yleisellä tasolla langattoman sensoriverkon määritelmä, sekä perusominaisuuksia. Langattoman sensoriverkon hyödyntämistä terveydenhuollossa, siihen kuuluvia haasteita, suunnittelussa huomioitavia

seikkoja, sekä esimerkkisovelluksia käsitellään luvussa 4. Älykodin hyötyjä, haasteita, sekä tulevaisuuden näkymiä, erityisesti vanhuspalveluiden näkökulmasta, käsitellään luvussa 5. Luvussa 6 esitetään Kokkolan kotihoidon haasteet ja tarpeet, sekä kootaan yhteen heidän tärkeimmät tavoitteet mahdollisen älykotijärjestelmän osalta. Samassa kappaleessa esitellään case-esimerkin avulla yksi mahdollinen toteutettava älykotijärjestelmä Kokkolan kotihoidolle.

2 Ikääntyminen ja sen synnyttämät haasteet

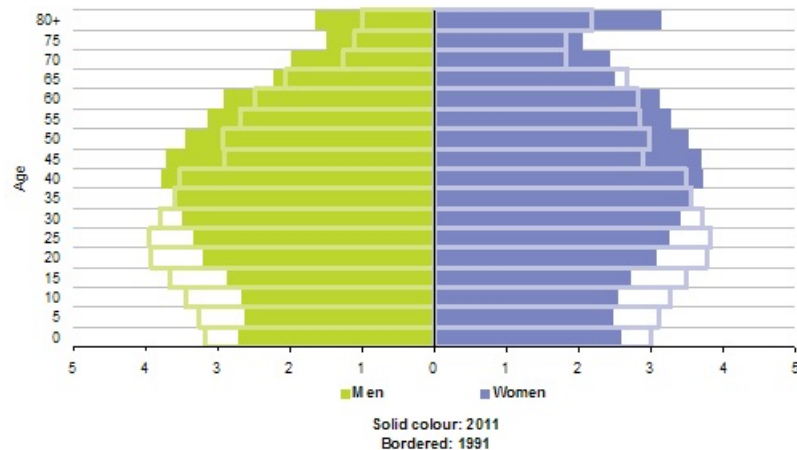
2.1 Ikääntyminen Euroopan Unionissa

Demografisella ikääntymisellä on suuri vaikutus tulevaisuuden Euroopassa. Tämä jo kauan tiedostettu väestön ikääntyminen on pitkäaikaisen kehityksen tulos, joka alkoi Euroopan Unionissa useita vuosikymmeniä sitten. Ikääntymiseen vaikuttaa ennen kaikkea alhainen syntyvyys ja ihmisten eliniän piteneminen. Alhainen syntyvyys on suoraan verrannollinen ensisynnyttäjien keski-ikänsä kasvuun ja eliniän pidentyminen puolestaan seurausta lääketieteen kehittämisestä, lapsikuolleisuuden laskusta sekä yleisten perustarpeiden, kuten vedensaannin ja hygienian kehittymisestä. [18]

Eurostatin [18] raportin mukaan, viimeisten kahden vuosikymmenen aikana lasten (alle 15-vuotiaat) osuus koko EU:n väestöstä laski 3,7 prosenttia, kun taas ikäihmisten (yli 65-vuotiaat) osuus kasvoi 3,6 prosenttia. Samalla väestön keski-ikä kasvoi vuosien 1991 ja 2011 aikana 35,4 vuodesta, 41,2 vuoteen. Täten ikäihmisten osuus koko Euroopan väestöstä kasvaa koko ajan ja tämän tahdin odotetaan vain kiihtyvän tulevaisuudessa, kun sodanjälkeinen vauvabuuri sukupolvi saavuttaa eläkeiän. Tämä ikäjakautuksen muutos taas kasvattaa työikäisten taakkaa huolehtia yhteiskunnan sosiaalimennoista.

Euroopan keski-ikä vuonna 2010 oli 40,9 vuotta, joka tarkoittaa sitä, että muutama vuosi sitten Euroopan väestöstä puolet oli 40,9 vuotta tai vanhempia. Eri valtioiden kesken keski-ikänsä hajontaa oli Irlannin 34,3 vuodesta, Saksan 44,2 vuoteen. Suomen keski-ikänsä sijoittuessa keskiarvon yläpuolelle 42 vuoteen. Eurostatin [17] tekemien arvioiden mukaan Euroopan väkiluku kasvaa vain hieman nykyisestään vuoteen 2060 mennessä, kun samalla väestön keski-ikänsä odotetaan nousevan 47,6 vuoteen ja ikäihmisten osuuden koko väestöstä oletetaan nousevan noin 29,5 prosenttiin.

Demografisen ikääntymisen myötä myös huoltosuhteet muuttuvat rajusti tulevina vuosina. Huoltosuhde saadaan laskemalla ikäihmisten (yli-65 vuotiaat) ja lasten (alle 15-vuotiaat) lukumäärä yhteen ja vertaamalla sitä työikäisiin (15-65 -vuotiaat). Täten, mitä suurempi huoltosuhde on, sitä suurempi on huollettavien määrä työikäisiin verrattuna ja sitä suurempi on yhteiskunnan paine ylläpitää väestön elin-



Kuva 2.1: Väestön ikäjakauma Euroopan Unionissa vuosina 1991 ja 2011. Eurostat [18]

tason kehitys. Huoltosuhte ilmaistaan prosentteina ja esim. vuonna 2011 Euroopan huoltosuhteen keskiarvo oli 49,6 prosenttia. Tämä tarkoittaa, että tarvitaan noin kaksi työkäistä ihmistä huolehtimaan yhdestä sosiaalimenoista riippuvaisesta ihmisestä. Eurostatin [17] arvioiden mukaan tämä huoltosuhte tulee kasvamaan rajusti, noin 77,9 prosenttiin, vuoteen 2060 mennessä. Ikäihmisten osuus työkäisistä vuonna 2011 oli Euroopassa keskiarvoltaan 26,2 prosenttia, tarkoittaen että Euroopassa oli tuolloin noin kolme työkäistä ihmistä, yhtä yli 65 vuotiasta ikäihmistä kohden. Tämän huoltosuhteen odotetaan tuplaantuvan 52,6 prosenttiin vuoteen 2060 mennessä.

Ikääntymisen vaikutukset Euroopassa näkyvät vahvoina, niin työmarkkinoissa, taloudessa kuin tuottavuudessaakin. Vuosien 2020-2050 aikana työssäkäyvien ihmisten lukumäärä tulee vähenemään noin 30 miljoonalla, mikä vaikuttaa talouskasvun oletettuun hidastumiseen Euroopassa. Ikääntymisen myötä iäkkäät työntekijät muodostavat yhä suuremman osan työvoimasta ja taloudellisesta tuloksesta. Tämän tosiasian myötä Euroopassa tulee keskittyä iäkkäiden työntekijäiden työurien pidentämiseen, sekä tuottavuuden kasvattamiseen, jotta talouskasvua voidaan ylläpitää. [28]

Ikääntymiseen liittyvien menojen odotetaan nousevan Euroopan Unionissa noin 3-5 prosenttia BKT:sta vuoteen 2050 mennessä [27]. Tämän nousun kattaminen ja hillitseminen on yksi tärkeimmistä kehityskohteista Euroopassa seuraavien vuosikymmenten aikana. Menojen sisältönä ovat pääasiassa eläkekulut, terveydenhuol-

	Median age	Dependency ratio			Pop. aged 80 or over
		Young age	Old age	Total	
	(years)	(%)			
EU-27	40.9	34.8	28.4	63.2	4.7
BE	40.9	38.2	28.6	66.8	4.9
BG	41.4	30.1	27.7	57.7	3.8
CZ	39.4	31.0	23.5	54.6	3.6
DK	40.5	41.2	27.5	68.8	4.1
DE	44.2	31.0	34.1	65.1	5.1
EE	39.5	34.4	27.7	62.0	4.1
IE	34.3	44.9	18.5	63.4	2.8
EL	41.7	31.5	30.7	62.3	4.6
ES	39.9	31.3	26.6	57.9	4.9
FR	39.9	41.5	28.6	70.2	5.3
IT	43.1	31.2	33.3	64.5	5.8
CY	36.2	38.1	20.7	58.8	2.9
LV	40.0	32.2	27.8	60.0	3.9
LT	39.2	36.0	26.0	62.1	3.6
LU	38.9	38.0	22.4	60.4	3.6
HU	39.8	33.2	26.5	59.7	3.9
MT	39.2	35.4	23.5	58.9	3.3
NL	40.6	38.9	25.1	64.0	3.9
AT	41.7	33.9	28.6	62.5	4.8
PL	37.7	33.7	20.9	54.6	3.3
PT	40.7	33.3	29.0	62.3	4.5
RO	38.3	32.9	23.3	56.2	3.1
SI	41.4	29.9	25.7	55.6	3.9
SK	36.9	33.7	18.7	52.4	2.7
FI	42.0	38.0	28.3	66.3	4.6
SE	40.7	40.1	31.0	71.0	5.3

Kuva 2.2: Euroopan keski-iät ja huoltosuhteet vuonna 2010. Eurostat [17]

tokulut, pitkäaikaishoitokulut, sekä työllisyyden ja koulutuksen kulut. Suurin osa ikääntymiseen liittyvistä kuluista tulee eläkekuluista, jotka olivat vuonna 2004 10,6 prosenttia EU:n BKT:sta. Toinen suuri osa ikääntymiseen liittyvistä kuluista tulee terveydenhuoltokuluista, ollen vuonna 2004 6,4 prosenttia EU:n BKT:sta. Kaikki tämä varoittaa siitä, että julkiset menot uhkaavat kasvaa hälyttävän suuriksi useimmissa Euroopan valtioissa, vaarantaen näin eläke- ja sosiaaliturvajärjestelmien tulevaisuuden.

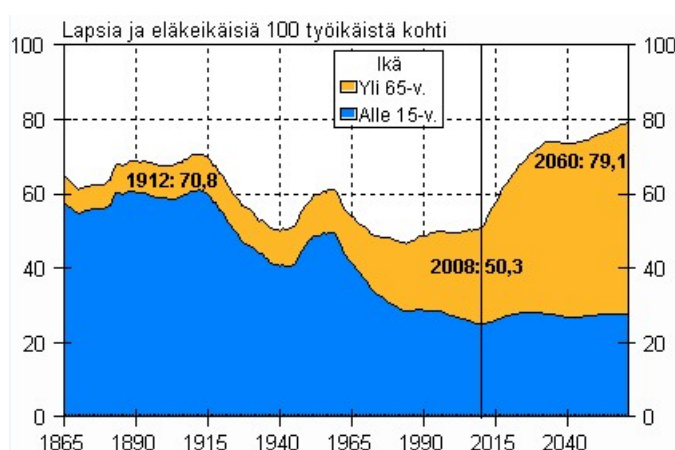
2.2 Ikääntyminen Suomessa

Suomen väestö tulee saavuttamaan 6 miljoonan rajan vuonna 2042, ilmenee Tilastokeskuksen vuonna 2009 julkaisemasta ennusteesta [39]. Tämän kehityksen aikana ikäihmisten osuus kokonaisväestöstä oletetaan nousevan nykyisestä 17 prosentista 29 prosenttiin vuoteen 2060 mennessä, joka on henkilömäärältään noin 1,8 miljoonaa ikäihmistä nykyiseen 0,9 miljoonaan verrattuna. Työikäisten osuuden väestöstä oletetaan puolestaan pienenevän nykyisestä 66 prosentista 56 prosenttiin vuoteen 2060 mennessä. Verrattaessa näitä lukuja Euroopan keskiarvoihin, Suomi sijoittuu keskiarvon yläpuolelle ollen näin yksi pahimmin ikääntymisen vaikutuksista kärsivistä maista Euroopassa. Suomi on samalla myös ensimmäisiä Euroopan valtioita, missä ikääntymisen vaikutukset nousevat vahvasti esiin ja vaikuttavat yleiseen talousnäkökymään.

Väestön ikääntyminen on siis yhteistä kaikille Euroopan valtioille. Suomessa ikääntyminen on kuitenkin poikkeuksellisen nopeaa ja Suomi on ensimmäinen maa Euroopassa jossa suuret ikäluokat tulevat eläkeikään. Tämä kehitys on suora seuraus alhaisesta syntyvyydestä, sekä odotetun eliniän pidentymisestä. Eläkeläisten osuus väestöstä tulee kasvamaan lähivuosina vahvasti, johtuen ennen kaikkea vahvojen syntymävuosien, vuosien 1945-1955 aikana syntyneiden ns. "vauvabuumi-ikäluokkien siirtyessä eläkkeelle.

Väestön ikääntymisestä aiheutuvat haasteet kohdataan parhaiten, mikäli Suomi kykenee varmistamaan kehityksen tärkeimmät resurssit ja kohdistamaan ne oikein. Haasteita esiintyy ennen kaikkea taloudessa, sekä sosiaali- ja terveydenhuollossa, joihin ikääntyminen vaikuttaa moninaisin eri tavoin. Työmarkkinoilla eläkkeelle siirtyvät suuret ikäluokat hidastavat talouskasvua muun muassa tuottavuuden ja verokannan laskun muodossa. Terveyspalveluissa puolestaan paineita syntyy kasvavana kysyntänä vanhustaloudessa ja muualla terveydenhuollossa.

Kuvassa 2.3 esitetään Tilastokeskuksen laskelmat Suomen huoltosuhteesta vuosien 1865-2060 välillä. Kuvio osoittaa, kuinka rajusta kehityksestä on kyse ja kuinka paljon huoltosuhde tulee heikkenemään tulevina vuosina. Todellinen tilanne on vielä kuviotakin heikempi, sillä yleiset huoltosuhteiden ikäraajat eivät seuraa Suomen todellista tilaa. Tilastot olettavat, että alle 65 vuotiaat eivät ole huollettavien joukossa, kun todellisuudessa Suomen väestön 60 vuotta täyttäneistä noin puolet on jo eläkkeellä. Sama ongelma toteutuu myös lasten ikäjakaumassa, sillä yli 15 vuotiaista todella harva on oikeasti työelämässä. Todellisuudessa vielä 20 vuotiaistakin vain puolet on työelämässä ja loput ovat joko opiskelemassa, armeijassa tai muista syistä poissa työmarkkinoilta.



Kuva 2.3: Suomen huoltosuhde 1865-2060. Tilastokeskus [39]

Suomessa huoltosuhde on tänä päivänä karkeasti yhden suhde neljään, eli yhtä huollettavaa kohti löytyy maasta neljä työkäistä ihmistä. Arvioiden mukaan tämä tulee kuitenkin muuttumaan rajusti seuraavien muutaman vuosikymmenen aikana ja ikääntyneiden huoltosuhde tulee olemaan alhaisimmillaan yhden suhde kahteen [6]. Kaikki ei kuitenkaan selity pelkällä ikäjakaumalla, vaan Suomea rasittaa vahvasti myös alhainen eläköitymistaso. Tämä, jo pidemmän aikaa Suomea vaivannut trendi, sai alkunsa jo 1970 ja 1980 luvuilla ja saavutti jyrkän kasvun 1990 luvun lammassa. 25 -vuotiaan eläkkeellesiirtymisiän odote Suomessa oli vielä vuonna 2009 alle 60 vuotta, pitäen Suomen Euroopan tilaston häntäpäässä. Tästä on kuitenkin päästy ylöspäin, paljolti kiitos vuoden 2005 eläkeuudistuksen [16].

Ikääntymisen vaikutuksia kansantaloudelle on tutkittu jo pitkään ja muun muassa Sitran tuottamassa Seniori-Suomi raportissa [35] viitataan huolestuttavaan skenaarioon, jossa nykypäivän kansantalous ei tule kestävään tämän päivän tarpeita ja

huomispäivän huoltosuhdetta. Raportissa puhutaan muun muassa tilanteesta, jossa tulevaisuuden ikäihmiset käyttäisivät saman verran palveluita, kuin nykypäivänä käytetään. Tämä johtaisi tilanteeseen, jota tämän hetken kansantalouden kehitys ei kestäisi. Tämä tarkoittaa myös sitä, että yhteiskunnan tulee löytää uusia ratkaisuja ihmisten ja erityisesti tässä tapauksessa ikäihmisten terveyden parantamiseen ja hyvinvoinnin ylläpitämiseen. Vain tällä tavalla vähennämme hoitopalveluiden menopaineita ja takaamme hyvän hoitotason kaikille kansalaisille myös tulevaisuudessa.

2.3 Ikääntymisen vaikutukset hoitopalveluihin

Ikääntyminen ja huoltosuhteiden heikkeneminen Suomessa ja Euroopassa saavat aikaan sen, että hoitopalveluissa tullaan kohtaamaan suuria haasteita tulevaisuudessa.

- Tautien ja pitkäaikaissairauksien määrä tulee kasvamaan selvästi. Esimerkiksi Yhdysvaltain Alzheimer yhdistys on määritellyt vuosittaisen Alzheimer-sairaudesta johtuvan kustannuksen nousseen vuoden 1998 33 miljardista aina 61 miljardiin dollariin vuoteen 2002 mennessä [8]. Tätäkin dramaattisempi on koko maailmaa koskevat dementiaa aiheuttavat kustannukset, jotka arvioitiin vuonna 2003 olleen 156 miljardia dollaria. Seuraavina vuosina tämä kehitys on ollut hurjaa, sillä vuonna 2005 sama arvio oli 315 miljardia dollaria ja vuonna 2009 422 miljardia dollaria [42], [43].
- Terveydenhuollon vaatimukset ja niiden kustannukset kasvavat räjähdysmäisesti. Vuonna 2009 Saksan ja Ranskan terveydenhuollon kustannukset olivat noin 11 prosenttia bruttokansantuotteesta. Suomessa sama luku oli noin 8 prosenttia. [19]
- Vaatimukset monipuolisen Kotihoidon ja omahoidon kehittämiseksi nousevat voimakkaasti, jotta voidaan välttyä kalliilta pitkäaikaishoidoilta sekä sairaalajaksoilta. Viime vuosina on tehty huomattavaa kehitystyötä muun muassa älykodin kehityksessä [10], jonka kautta tulevaisuuden sovellukset saadaan tehokkaammin terveydenhuollon käyttöön. Lisäksi kehitystä on tapahtunut runsaasti lääketieteellisen tietojenkäsittelyn alalla, jonka kautta kyetään myös vastaamaan näihin mainittuihin tulevaisuuden haasteisiin.[21]

- Terveydenhuolto tulee vaatimaan tehokkaampia ratkaisuja, kun työikäisten määrä tulevaisuudessa vähenee.
- Tulevaisuuden nopea kehitys eri tutkimuksen aloilla tulee mahdollistamaan tehokkaampaa ja parempaa hoitoa ja jonka avulla ihmiset kykenevät asumaan pidempään omassa kodissaan. Muun muassa kehitykset yleisesti ICT (Informaatio, Kommunikaatio ja Teknologia) alalla, ovat mahdollistaneet pienempiä ja kehittyneempiä tietokoneita, sensoreita, ja verkkoteknologioita. [11]

Ikääntymisen vaikutukset hoitopalveluihin ovat selkeitä ja merkittäviä. On kuitenkin erittäin vaikeaa ennustaa ikääntymisen todellisia ja suoria vaikutuksia hoitopalveluille ja niiden menoihin, sillä kukaan ei tiedä ikäihmisten todellista hoitotarvetta tulevina vuosikymmeninä. Ajatusta voidaan lähestyä näkökulmalla "ikä on vain numero" ja tutkia enemmänkin ikäihmisten toimintakykyä ja terveydentilaa, sekä keinoja näiden kehittämiseen. Tiettyjä tulevaisuuden skenaarioita on kuitenkin esitetty ja muun muassa Sitran "Seniори-Suomi-raportissa [35] ilmaistaan, että suurimmat uhkakuvat syntyvät lähimaisten hoitotarjonnan vähentymisestä, sekä koulutetun työvoiman tarjonnan vähentymisestä. Tilanne, jossa ikäihmiset eivät saa hoivaa lähipiiristä, eikä sitä ole myöskään kunnallisella puolella tarpeeksi tarjolla, johtaa ylikysyntään ja sitä kautta saatavuus-, laatu- ja kustannusongelmiin.

Ikä yksinään ei tarkoita palvelutarpeen kasvua, sillä nykypäivän ikäihmiset ovat varsin hyväkuntoisia ja pärjäävät itsenäisesti, ilman suurempia hoivatarpeita. Nämä kotonaan pärjäävät suuret ikäluokat ovat kuitenkin varsin suuri uhka tulevaisuuden hoivapalveluille, sillä kuten on jo mainittu, työikäisten määrä suhteessa hoidettaviin vähenee koko ajan. Lisäksi tulevaisuuden ikäihmisten hoivatarpeet ovat todennäköisesti täysin erilaiset, kuin mitä ne ovat tänä päivänä ja tähän varautuminen on todella haasteellista. Tiettyjä tarpeita voidaan kuitenkin ennustaa ja esimerkiksi muistisairaudet ovat tänä päivänä vanhuspalveluiden suurin työllistävä tekijä ja sen osuus tulee varmasti kasvamaan tulevaisuudessa.

Hoiva-alan paineita voidaan lievittää tehostamalla toimintaa ja ottamalla käyttöön uusia teknologioita. Tämän tuotannollisen tehostamisen lisäksi hoiva-alalla pyritään vahvasti myös voimavarojen ja tietotaidon tehostamiseen. Tällä tiedon ja tekniikan yhteisellä kehittämisellä toivotaan olevan vaikutusta siihen, että tulevaisuuden palvelut kohdistuvat enemmän niille, jotka sitä todella tarvitsevat. Palvelujen kysyntään vaikuttaa myös muut demografiset ominaisuudet. Muun muassa omaishoidon saatavuus vaikuttaa julkisten hoivapalveluiden tarpeeseen. Omaishoidon kehitys riippuu tietenkin siitä, kuinka monella on puoliso tai läheinen, joka ky-

kenee auttamaan ja hoivaamaan läheistään. Lisäksi hoivatarvetta vähentää miesten ja naisten elinajanodotteen eron supistuminen, jonka johdosta vähemmän ihmisiä asuu yksinään tulevaisuudessa. On myös tutkittu, että korkeampi koulutustaso vähentää hoivatarvetta ja lisää ihmisen toimintakykyä. Koulutustason odotetaan kasvavan Suomessa rajusti tulevina vuosina ja täten vähentävän hoivatarpeiden painetta.[35]

Tärkeää on myös huomioida, että eläköitymässä olevat ikäluokat ovat hyvin erilainen ryhmä verrattuna nykyiseen eläkkeellä olevaan väestöön. Elektronisten apuvälineiden sekä digitaalisten laitteiden ja palveluiden käyttö on nykypäivän työikäisille varsin tuttua. He ovat oppineet käyttämään jo työuransa aikana erilaisia laitteita ja palveluita, kuten tietokoneita, kämmenmikroja, älypuhelimia, digitaalista mediaa, Internetiä ja erinäisiä sähköisiä pankki- ym. palveluita. Tämä selkeä murros digitaalisten palveluiden käytössä edesauttaa tekniikan käyttöönottoa vanhuspalveluiden tukena ja antaa palveluntarjoajille mahdollisuuden hyödyntää tietotekniikkaa kotonapärjäämisen edistämiseksi.

3 Langattomat sensoriverkot

Sensoriverkon sensorit yhdistävät fyysisen maailman digitaaliseen, tallentamalla todellisia tapahtumia ja muuttamalla kerätyn informaation siten, että sitä voidaan prosessoida ja tallentaa. Sensoreita voidaan integroida lukuisiin eri laitteisiin, järjestelmiin ja ympäristöihin, jolloin ne mahdollistavat valtavan yhteiskunnallisen hyödyn [15]. Sensoreiden avulla kyetään seuraamaan muun muassa yhteiskunnan tärkeimpiä rakennelmia, siltoja, taloja ja mahdollisesti estämään niihin kohdistuvia katastrofeja. Niiden avulla voidaan suojella tärkeitä luonnonvaroja, kasvattaa teollisuuden tuottavuutta, parantaa yksilöiden tai yleisten kohteiden turvallisuutta, tai vaikka luoda kokonaan uusia sovelluksia, kuten älykoti teknologiat. Laitetoimittajat ovat vuosi vuodelta onnistuneet tuottamaan tehokkaampia laitteita ja komponentteja, sekä samalla pienentämään niiden fyysistä kokoa. Tämänkaltaisen laskentatehon ja sensortechnologian kehityksen avulla on ollut mahdollista kehittää hyvin pieniä, virrankulutukseltaan niukkoja ja edullisia komponentteja, sensoreita, aktuaattoreita ja kontrollereita. Tällaiset komponentit ovat mahdollistaneet puolestaan sensoriverkkojen nopean kehityksen ja tämän johdosta sensoriverkko-toteutuksia nähdäänkin tänä päivänä lukuisilla eri toimialoilla. Seuraavissa kappaleissa perehdytään syvemmin langattoman sensoriverkon määritelmiin, taustoihin ja historiaan sekä käydään läpi siihen kohdistuvia haasteita ja rajoituksia.

3.1 Määritelmä

Sensoriverkko koostuu antureista, joiden tarkoitus on aistia ympäristöä ja välittää keräämäänsä tietoa. Aistiminen on tekniikka, jossa kerätään haluttua tietoa fyysisestä ympäristöstä, kuten lämpötilan muutokset tai ilmanpaineen vaihtelu. Ihmisen kehossa on lukuisia antureita, kuten silmät, joiden avulla kerätään optista informaatiota. Tai korvat, joiden avulla kerätään akustista informaatiota. Anturin yksi määritelmä on olla välittäjä, joka muuttaa fyysisestä maailmasta kerätyn energian ja tiedon elektroniseksi, jotta sitä voidaan tietoteknisesti käsitellä.[15]

Krishnamachari määrittelee kirjassaan [29] langattomat sensoriverkot järjestelmäksi, joka koostuu suuresta joukosta edullisia, matalan energiatarpeen sensoreita

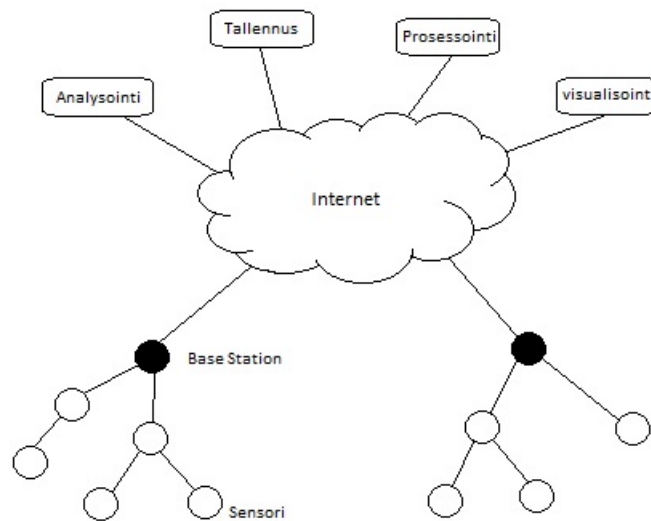
ja jotka ovat sulautettu fyysiseen ympäristöön, ja jotka toimivat yhdessä langattoman verkon välityksellä. Langattomat sensoriverkot mahdollistavat siltoja virtuaalisen informaation ja todellisen maailman välillä. Niiden avulla kyetään saavuttamaan lukuisia eri mahdollisuuksia seurata ja ymmärtää suurimittaisia, todellisia ilmiöitä maailmasta.

Langattomat sensoriverkot voivat sisältää sensoreiden lisäksi myös aktuaattoreita, joiden avulla ne voivat hallita fyysistä ympäristöään. Aktuaattori on komponentti, jonka kautta sensoriverkon on mahdollista säädellä esimerkiksi vesihanoja, ovia, ikkunoita tai vaikkapa auton polttoaineensyöttöä. Tällaisen langattoman sensorin ja aktuaattorin yhdistelmän on mahdollista toimia kontrollerilta tulevien käskyjen avulla ja muuttaa nämä käskyt aktuaattorin ymmärtämiksi komennoiksi. Esimerkkinä voisi olla huoneen lämpötilan säätely, jossa sensorit mittaavat huoneen lämpötilaa ja aktuaattorit säätelevät huonelämpöä sulkemalla ja avaamalla ikkunoita.

Erilaisia sensoreita on lukuisia ja niiden luokittelu perustuu pääasiassa kerättävän informaation ominaisuuksiin. Tällaisia fyysisiä ominaisuuksia ovat muun muassa lämpötila, paine, valoisuus tai ilmankosteus. Näiden fyysisten ominaisuuksien lisäksi sensoreiden luokitteluun vaikuttaa monet muutkin toiminnallisuudet, kuten ulkoisten virtalähteiden tarve. Mikäli sensori vaatii ulkoisen virtalähteen, sitä kutsutaan aktiiviseksi sensoriksi. Vastakohtana toimii passiivinen sensori, joka aistii energiaa ympäristöstä ja hyväksikäyttää tätä energiaa omana virranlähteenään. [15]

Langattomassa sensoriverkossa tieto liikkuu sensoreilta eteenpäin langattoman verkon välityksellä. Langattoman verkon ominaisuudet nousevat tärkeäksi tilanteissa, joissa järjestelmä vaatii satojen tai tuhansien sensoreiden sijoittamista esimerkiksi vaikeisiin kohteisiin tai vaarallisiin olosuhteisiin. Tällaisen käyttötarkoituksen omaava sensorikomponentti voi sisältää sensorin lisäksi myös rajallisen määrän laskentatehoa, tallennuskapasiteettia sekä kommunikointikomponentin. Tällaisella kokoonpanolla sensorinoodin on mahdollista, oman informaation keräämisen lisäksi, huolehtia myös muusta verkossa liikkuvasta informaatiosta, välittämällä, analysoimalla tai vaikkapa yhdistelemällä sitä halutulla tavalla. Kun lukuisia sensorinoodeja sijoitetaan johonkin ympäristöön ja ne kytketään yhteen langattoman verkon välityksellä, niistä syntyy järjestelmä, jota kutsutaan langattomaksi sensoriverkoksi (WSN, Wireless Sensor Network). Verkossa sensorit kommunikoivat langattoman radionsa avulla sekä toistensa, että niin sanotun keskusyksikön (BS-Base Station) kanssa. Tämän verkostollisen kommunikoinnin tarkoituksena on välittää kerättyä informaatiota eteenpäin etäälle prosessointia, analysointia, visualisointia ja

tallennusta varten. (kts. kuva 3.1)



Kuva 3.1: Langattomat sensoriverkot. [15]

Sensorinoodit ja niiden kapasiteetti voi vaihdella suuresti langattoman sensoriverkon sisällä. Toiset noodit voivat olla hyvinkin pelkistettyjä ja kykeneviä monitorimaan vain jotain tiettyä fyysistä ominaisuutta, kun taas toiset voivat olla huomattavasti monipuolisempia ja mahdollistaa lukuisia eri ominaisuuksien monitorointeja. Lisäksi noodien viestintäkapasiteetti ja tapa voi vaihdella esimerkiksi infrapunasta, ultraääniin, tai radiotaajuuksiin ja eri tietomääriin ja latensseihin. Yksinkertainen noodi voi kerätä ja välittää aistimaansa ominaisuutta ympäristöstä, kun samalla voimakkaammat noodit kykenevät paljon suurempaan laskentatehoon ja informaation käsittelyyn. Tällaiset vahvemmat noodit toimivat yleensä sensoriverkoissa erikoistehtävissä, esimerkiksi kommunikaation vahvistajina rajoittuneimmilta noodeilta keskusyksikölle. Tällaiset vahvemmat noodit kuluttavat huomattavasti enemmän energiaa kuin tavalliset langattomat sensorinoodit ja ovat täten huonoja yhdistelmiä perinteisessä langattomassa sensoriverkossa.[15]

Kuten niin moni muukin teknologia, langaton sensoriverkkoteknologia on saanut alkunsa armeijan kehitystyöstä. [15] Esimerkkinä yhdysvaltalainen DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) -yksikkö, joka vuonna 1978 organisoiti työpajan, jonka päätarkoitus oli tutkia sensoriverkkojen haasteita, teknologioita ja algoritmeja. DARPA jatkoi sensoriverkkoteknologian parissa lukuisissa eri projekteissa ja vuonna 1996 [9] esiteltiin yksi tärkeä tulos, LWIM (Low Power Wireless

Integrated Microsensor). Tämä älykäs sensorijärjestelmä sisälsi CMOS mikrosirun, lukuisia sensoreita, rajapintapiirejä, digitaalisen signaalin prosessointi piirejä, langattoman radion sekä mikrokontrollerin. Tästä eteenpäin kehitys on ollut todella nopeaa, josta suurin kiitos kuuluu teknologiakehitykselle joka on mahdollistanut aina vain pienempien komponenttien valmistuksen. Nykytutkimukset keskittyvätkin juuri sensorinoodien kokoon, sekä langattoman sensoriverkon muihin tärkeimpiin rajoituksiin, kuten virrankulutukseen.

Mobiilien järjestelmien yleisin langaton teknologia on vuonna 1997 kehitetty IEEE 802.11 standardiperhe. Sama standardi oli käytössä myös alkuaian langattomissa sensoriverkoissa ja sen käyttö jatkuu myös tänä päivänä, mikäli järjestelmän kais-taleveys vaatimukset ovat korkeat. Mutta yleisesti ottaen 802.11 standardiperheen verkot ovat virrankulutukseltaan niin suuria, että niiden käyttö ei ole mahdollista perinteisissä, matalan energian langattomissa sensoriverkoissa. Lisäksi perinteisen langattoman sensoriverkon vaatimukset välitettävän datan määrälle ovat huomattavasti pienempiä, kuin mihin 802.11 standardi on alun perin suunniteltu. Tästä johdosta on kehitetty lukuisia vaihtoehtoisia protokollia, jotka paremmin vastaavat langattoman sensoriverkon tarpeita. Hyvänä esimerkkinä tästä on IEEE 802.15.4 standardi, joka on suunniteltu erityisesti lyhyen matkan kommunikaatiolle matalan energian sensoriverkoissa. [15]

3.2 Sensoriverkon ominaisuuksia

Langattomat sensoriverkot ja niiden sovellukset vaativat tiettyjä erityisominaisuuksia, joita ei muista sulautetuista järjestelmistä löydy. Tällaisten ominaisuuksien ja tarpeiden yhdistyminen yhden järjestelmän tai laitteen kohdalla tuottaa monipuolisia ja mielenkiintoisia teknisiä ratkaisuja.

3.2.1 Virrankulutus

Langattomilta sensoriverkoilta vaaditaan yleisesti hyvin pientä virrankulutusta. Syy tähän löytyy langattomien sensoriverkkojen määritelmästä ja käyttötarkoituksista. Yleisesti sensorit ovat mahdollisimman pienikokoisia ja niiden toiminta-aika mahdollisimman pitkä. Esimerkkinä tietyt teollisuuden tai lääketieteen sovellukset, joiden virranlähteenä on hyvin pienet paristot, odotetaan toimivan varmuudella jopa useita vuosia. Teollisuudessa on käyttökohteita, joissa laitteiston toimintavarmuus

pitää taata pitkien huoltovälien aikana, ja tällöin virrankulutuksen hallinta on erittäin tärkeää. Muita esimerkkejä löytyy muun muassa ympäristön ja ilmaston seurannassa, joissa vaaditaan suuren alueen monitorointia tuhansien sensoreiden voimin. Tällaisen verkon virranlähteiden vaihtaminen tai huoltaminen on käytännössä mahdotonta. Tämän lisäksi on myös laitteita, jotka eivät sisällä ollenkaan omaa virtalähdettä, vaan keräävät energiansa ympäristöstä lämmön, liikkeen tai vaikkapa kitkan avulla.[24]

Virrankulutus, ja sitä myötä sensorinoodien elinikä kehittyy koko ajan, kun paristot, akut sekä energiankeräämisen tekniikat kehittyvät. Energialähteiden kehittyminen vastaa kuitenkin vain osittain esillä olevaan ongelmaan ja sen vuoksi langattomien sensoriverkkojen protokolla kehitys keskittyy suoraan energiatehokkuuteen, unohtamatta kuitenkaan kokonaan sen muita käyttötarkoituksia. Virrankulutusta vähennetään muun muassa yksinkertaisella akviitisuusvaihtelulla, jossa noodien tiloja vaihdellaan uni- ja aktiivisuus-toimintojen välillä. Uni-vaiheessa noodin virrankulutus on minimissään, mutta samalla tulee huomioida järjestelmän käyttötarkoitus ja huolehtia virrankulutuksesta siten, että uni-vaiheet ovat optimaaliset järjestelmän kriittisten viestienvälitysten kanssa. [29]

3.2.2 Hinta

Hinnalla on tärkeä rooli kehitettäessä langattomia sensoriverkkoja eri käyttökohteisiin. Tekniikan luonteeseen kuuluu useiden kymmenien tai tuhansien laitteiden käyttöönotto, jonka vuoksi yksittäisten sensoreiden hinta tulee olla varsin edullinen. Lukumäärän lisäksi sensoreiden luonteeseen saattaa joissain toteutuksissa kuulua myös kertakäyttöisyys, joka omalta osaltaan vahvistaa matalien kustannusten tarvetta. [24]

Teknologian kehityksellä on ollut suuri rooli langattomien sensoriverkkojen kustannusten laskussa. Samaan aikaan, kun piirilevyjä ja komponentteja on voitu pienentää, on onnistuttu myös kehittämään tehokkaampia ja toimivampia protokollia ja algoritmeja näiden rajoitettujen resurssien käyttöön. Tärkeä tekijä tässä kehityksessä on myös ollut ylläpitää mahdollisimman pientä muistintarvetta langattomissa sensoreissa. Materiaalikustannukset eivät ole historian saatossa olleet sensoriverkkojen suurin kustannuserä, vaan sitäkin suurempia ovat olleet niiden huolto- ja käyttökulut. Tämän vuoksi onkin ollut erittäin tärkeää kehittää järjestelmiä, jotka kykenevät itsenäiseen toimintaan niin normaalitoiminnassa, kuin huoltojen ja mahdollisten virhetilanteiden kohdatessa. [24]

3.2.3 Saavutettavuus

Monet langattoman sensoriverkon järjestelmät vaativat maailman laajuista saatavuutta, kuten erilaiset langattomat merkit ja tagit esimerkiksi matkalaukkujen tai laivakonttien seurannassa. Tällaisten järjestelmien tulisi olla saatavilla ja toimintakunnossa kaikkialla ja ympäri vuorokauden. Lisäksi olisi tehokkaampaa luoda maailmanlaajuisia järjestelmiä, kuin tiettyjä paikallisia ja erikseen monitoroitavia toteutuksia, joiden kautta kustannukset ovat aina suuremmat. Teoriassa tällainen ominaisuus on saavutettavissa GPS-järjestelmän avulla, mutta käytännössä kyseinen teknologia on kallista ja tehotonta käyttöönotettavaksi langattomissa sensoreissa. Täten ainoa tiedostettu järkevä ratkaisu olisi avoin, yhteinen kanava, jonka välityksellä langattomat sensoriverkot olisivat yhteydessä maailmanlaajuisesti. [24]

Maailman laajuinen saatavuus edellyttää siis käytännössä suuria määriä noodeja. Rungas lukumäärä puolestaan vaatii, että noodit ovat helposti käyttöönotettavia ja edullisia. Edulliset laitteet ovat kuitenkin epäluotettavia ja herkkiä menemään rikki, varsinkin kun käyttökohteena ovat ankarat olosuhteet tai ympäristöt. Saavutettavuuden kannalta on tärkeää, että järjestelmän protokollat suunnitellaan siten, että koko järjestelmän toiminta ei ole riippuvainen yksittäisen noodin rikkoutumisesta. Onkin suotavaa, että järjestelmän toiminta heikentyy mahdollisimman hienovaraisesti, sitä mukaan kun sen komponentit kohtaavat ongelmia. [29]

3.2.4 Turvallisuus

Kaikkien langattomien järjestelmien haasteena on, kuinka turvalliseksi ihmiset ne mieltävät. Erityisesti uudet innovaatiot ja sovellukset, joiden käyttöönottamista uudet potentiaaliset käyttäjät mieltävät, ovat herkkiä ihmisten odotusarvoille ja mieltymyksille kyseisen järjestelmän turvallisuudesta. Maailmassa on lukuisia langattomia toteutuksia, jotka mielletään ja tiedetään olevan turvallisia, mutta aina tämä asia nousee esille uusien kehitysten kohdalla. Langattomille sensoriverkoille on siis tärkeää ylläpitää turvallista ja toimivaa imagoa, jotta niiden maailmanlaajuinen käyttöönotto toteutuu ja sitä myötä niiden tekninen kehitys nopeutuu ja käyttökustannukset pienenevät. [24]

3.3 Haasteet

Kaikki seuraavaksi mainittavat haasteet ja rajoitteet tuovat oman lisänsä langattomien sensoriverkkojen suunnittelulle. Laskentatehon kasvattaminen ja noodien koon pienentäminen ovat selkeitä asioita, joihin suunnittelussa pyritään vaikuttamaan. Samalla pitää kuitenkin huomioida kustannukset itse noodien, sekä koko verkon osalta. Nämä ominaisuudet rajaavat verkkojen suunnittelua, sekä asettavat haasteita monien käyttökelpoisten toiminnallisuuksien, kuten GPS vastaanottimien integroimisen verkkoon. Samat haasteet vaikuttavat myös järjestelmän sovellusten, protokollien ja algoritmien suunnitteluun, rajoitetun tallennuskapasiteetin sekä laskentatehon vuoksi. Esimerkiksi käyttöjärjestelmät tulevat olla muistin vaatimusten osalta hyvin kevyitä ja niiden tulee olla resursseihin nähden tehokkaita.

3.3.1 Energialähde ja energiatehokkuus

Langattomat sensoriverkot omaavat erityisiä rajoitteita, joiden vuoksi ne eroavat muista hajautetuista järjestelmistä. Nämä rajoitukset vaikuttavat suuresti verkkojen yleiseen suunnitteluun, sekä niissä käytettävien protokollien ja algoritmien kehitykseen. Yksi tärkeimmistä rajoitteista on virrankulutus ja energialähteet. Langattomat sensorit ovat pienikokoisia ja edullisia, jolloin niiden energialähteet ovat pieniä ja edullisia. Yleisesti niissä toimii energialähteenä akku tai paristo, joka tulee vaihtaa tai ladata aina tarvittaessa. Tämä puolestaan vaikuttaa vahvasti järjestelmän suunnitteluun ja virrankulutukseen. Mikäli käytössä on paristo, tulee suunnittelussa ottaa huomioon miten ja milloin paristo päästään vaihtamaan. Toisaalta valinta akun ja pariston kesken perustuu myös siihen, mihin noodia käytetään. Esimerkiksi metsäpalo-alueelle pudotetun noodin ei odoteta toimivan kovinkaan kauaa, kun taas jäätiköiden mittaamiseen asennetun noodin odotetaan tuottavan tietoa useiden vuosien ajan. Energialähteen kanssa yhtä tärkeä kehityksen kohde on energiatehokkuus. Tehokkuus ja sen huomioiminen vaikuttaa itse asiassa kaikkeen langattomien sensoriverkkojen suunnittelussa, aina fyysisestä laitteistosta, protokoliin ja verkon algoritmeihin saakka. [15]

3.3.2 Ylläpito ja huolto

Yleisesti sensorinoodit sijoitetaan alueille, joihin ihmisten on vaikea päästä, tai jossa ilmapiiri on ihmisille vaarallinen. Tällöin on tärkeää, että noodit ja sensoriverk-

ko kokonaisuudessaan kykenevät toimimaan mahdollisimman itsenäisesti, ilman selkeää tukea korjaamisen tai huoltamisen osalta. Noodien tulee siis kyetä reagoimaan mahdollisiin muutoksiin ympäristössään, sekä palautumaan virhetilanteista. [15] Esimerkkinä metsäpalotilanne, jossa seuranta varten käytetään lentokoneesta tiputettavia sensorinooodeja. Tällaisessa tilanteessa ei tiedetä, mihin noodit oikeasti tippuvat ja selviytyykö kaikki noodit törmäyksestä maahan. Tällöin noodien on kyettävä rakentamaan sensoriverkko niillä tiedoilla, jotka se kykenee keräämään ympäristöstään ja siten sopeutua kaikkiin tilanteisiin, joita se voi verkon määrittämisessä kohdata.

3.3.3 Langaton yhteys

Langaton verkkoyhteys on myös selkeä haaste kyseisen kaltaisille järjestelmille ja niiden suunnittelulle. Muun muassa radiosignaali vaimenee kulkiessaan lähettäjältä vastaanottajalle ja rajoittaa näin ollen radiosignaalien kantamaa. Langattomissa sensoriverkoissa noodit keskustelevat radion välityksellä, joko lähettämällä tai välittämällä toisten noodien viestejä. Yleensä viestit kulkevat usean eri noodin kautta saavuttaakseen päämääränsä. Yleisesti pidemmät välimatkat noodilta toiselle tai keskusyksikölle vaativat suurempaa lähetystehoa, joka puolestaan vaatii suurempaa virrankulutusta. Tähän haasteeseen on pyritty vastaamaan tuottamalla niin sanottuja monihyppy verkkoja, joissa noodit on sijoitettu tiheämmin kohdeympäristöön. Lisäksi energian säästöä pyritään pienentämään sulkemalla noodien radiot aina, kun niitä ei tarvita. Näihin radion sulkemisiin on kehitetty erilaisia tekniikoita ja protokollia, joiden avulla pyritään varmistamaan datan liikkuminen verkossa, samalla kun pyritään minimoimaan virrankulutusta. [15]

3.3.4 Turvallisuus ja luotettavuus

Monet langattomat sensoriverkot keräävät tietoturvan kannalta arvokasta informaatiota. Noodien etäinen sijoittelu ja itsehallinta luovat tilanteen, joissa niihin kohdistuu suuri uhka tunkeutumisten ja hyökkäysten muodossa. Lisäksi langattoman verkon signaali on helppo kaapata ja siten vakoilla verkon liikennettä. Tämä mahdollistaa myös erilaisten palvelunesto-hyökkäysten käytön sensoriverkkoja kohtaan. Tällaisten hyökkäysten toimesta voidaan lamauttaa kokonaisia sensoriverkkoja ja riippuen verkon käyttötarkoituksesta, saada todella paha jälkeä aikaan. Vaikkakin sensoriverkoilla on keinoja estää ja toimia tällaisten hyökkäysten keskuudessa, mo-

ni näistä keinoista vaatii runsaasti laskentatehoa sekä kommunikaatio- ja tallennuskapasiteettia. Täten perinteiset, matalan energian langattomat sensoriverkot kaipaavat uusia tutkimuksia ja toteutuksia torjumaan mahdolliset hyökkäykset ja tietoturvariskit. [15]

Turvallisuus mielletään yleensä langattomissa verkoissa viestien kryptaukseksi. Vaikkakin tämä on juuri se tehokkain keino taata langattoman viestin turvallisuus, niin langattomissa sensoriverkoissa tällä ei yleensä ole paljoakaan hyötyä. Yleisesti kyseisen tekniikan sovellukset ovat informaatioltaan sellaisia, ettei niiden tietoa tarvitse salata muilta mahdollisilta salakuuntelijoilta. Tärkeämpää näissä järjestelmissä on taata, että tietoa ei ole muuteltu matkan varrella ja että tietolähde on tosiaan se, joka viestissä ilmoitetaan. Esimerkiksi kodin automaatio, jossa valoja monitoroidaan ja kytketään päälle ja pois. Tässä tapauksessa käsky valojen kytkemiseksi päälle on varsin yksinkertainen, eikä sen kryptaamisesta ole paljoa hyötyä. Tärkeämpää on toteuttaa asukkaan käsky oikein ja oikealle lampulle. Ongelmaksi voisi koitua tilanne, jossa asunnon ulkopuolinen salakuuntelija pääsisi käsiksi langattomaan verkkoon ja välittäisi sen kautta lampulle väärää informaatiota esimerkiksi sulkiin ja kytkien lamppua päälle satunnaisesti. Tällainen mahdollinen tilanne vaatii verkolta viestien autentikointia sekä niiden eheyden tarkistusta. Yksi mahdollinen tapa on välittää viestien mukana tiettyjä parametreja, joiden avulla vastaanottaja voi tunnistaa lähettäjän ja varmistua viestin eheydestä.[24]

3.4 Tulevaisuus

Yhdysvallat hallitsevat tällä hetkellä langattomien sensoriverkkojen kehitystä ja käyttöä. Suurin syy tähän on huomattavasti suurempi rahoitus kyseistä teknologiaa kohtaan, kuin muissa maissa. Yhdysvaltain tietotekniikkateollisuus on maailman huipputaan, kiitos sellaisten suurten yritysten, kuin Microsoft ja IBM. Nämä suuret yritykset, ja koko teollisuus maassa, näkevät langattomat sensoriverkot seuraavana isona kehitysportaana tietotekniikassa ja ovat täten valmiita myös panostamaan siihen. Tämän lisäksi Yhdysvaltain armeija, joka on erittäin kiinnostunut langattomista sensoriverkoista, kuluttaa enemmän varoja kehitystyöhön kuin kaikkien muiden maiden asevoimat yhteensä.[20]

IDTechEx on raportissaan [20] arvioinut, että langattomien sensoriverkkojen markkinat tulevat kasvamaan vauhdilla vuoden 2012 0,45 miljardista dollarista aina 2 miljardiin vuoteen 2022 mennessä. Tämä kaikki nojaa kuitenkin siihen oletukseen,

että teknologinen kehitys alalla jatkaa samaa vauhtia ja toteuttaa ne odotukset, jotka sitä kohtaan on asetettu. Tutkimus alalla on keskittynyt paljolti energiatehokkuuteen ja energiankäytön minimointiin. Lisäksi on pyritty löytämään energialähde ratkaisuja, joissa toiminta-aika olisi tarpeeksi suuri tulevaisuuden ratkaisuille. Monet tutkimukset ovat tähän mennessä keskittyneet ohjelmisto ja algoritmi kehitykseen langattomissa sensoriverkoissa, jonka johdosta laitepuolen kehitys on jäänyt vähemmälle huomiolle. Tähän on nähtävissä pientä muutosta, kun eri toimittajat esittelevät tämän päivän konferensseissa tulevaisuuden tuotteitaan muun muassa parannettujen mikropiiristöjen tai pitkäkäyttöisten ja energiaa keräävien energialähteiden osalta.

3.5 Sovelluskohteita

Langattomat sensoriverkot ovat herättäneet useamman toimialan kehittäjien mielenkiinnon ja vaikka kehitystyön aallonharja kulkee tänä päivänä vielä futuristisissa toteutuksissa, niin lukuisat järjestelmät ovat jo toteutettuna käytännön elämässä. Nykypäivän toteutusten monipuolisuus on erittäin laaja, kattaen muun muassa ympäristön monitoroinnin, kohteen seurannan, vesi-, öljy- ja kaasuputkistojen monitoroinnin, rakennusten kunnan monitoroinnin, maatalouden, terveydenhuollon, autoteollisuuden, toimitusketjujen hallinnan, tulivuorten seurannan, kuljetustoimen, ihmisen aktiivisuuden seurannan sekä kaivosteollisuuden. Seuraavassa muutamia esimerkkejä näistä toteutuksista.

Suuret rakennukset ja rakennelmat ovat tärkeitä yhteiskunnan toiminnan kannalta. Tarkastajat tutkivat näitä rakennelmia yleensä manuaalisesti, mutta sensoriverkkojen avulla tämä sama työ hoituu automaattisesti ja kattavasti. Rakennusten kunnan monitoroinnissa langattomilla sensoriverkoilla kyetään seuraamaan rakennuksessa ja sen ympäristössä tapahtuvia muutoksia ja tällä tavalla pidentämään rakennusten elinikää, pienentämään niiden huoltokuluja sekä parantamaan yleistä turvallisuutta [13]. Seurattavia muutoksia ovat esimerkiksi rakennuksen perustusten ja yleiskunnan muutokset, sekä maanjäristykset, myrskyt ja muut rakennukseen vaikuttavat ilmastonmuutokset. Ensimmäiset prototyypit rakennusten seurantaan toteutettiin Etelä-Kalifornian yliopiston Wisden-projektissa [46] sekä Kalifornian yliopiston Golden Gate sillan projektissa. [25]

Tulvien, metsäpalojen, tulivuorten purkausten ja muiden luonnon katastrofien, sekä niiden jälkiseurausten aiheuttamat tuhot luonnolle, ihmisille ja rakennuksille

voivat olla todella vakavia. Viime vuosikymmenien aikana muun muassa rankkasateista syntyneet tulvat, sekä suuret maanjäristykset ovat vaatineet lukuisia ihmishenkiä, sekä aiheuttaneet mittavia rahallisia menetyksiä. Näiden luonnonilmiöiden syntymistä, ja ennen kaikkea niiden yleistymistä on tutkittu runsaasti viime vuosina. Syiden tunnistamisen lisäksi tutkijoille on ollut tärkeää seurata luonnonilmiöiden kehittymistä, jotta mahdolliset katastrofit voidaan tunnistaa ajoissa ja täten varoittaa ihmisiä tulevasta. Langattoman sensoriverkkon hyödyntäminen ympäristön seurannassa on viime vuosikymmenen aikana ollut hyvin aktiivista, joista hyvinä esimerkkeinä ovat muun muassa toteutukset tulvien monitorointiin [30], tulivuorten aktiivisuuden seurantaan [41] sekä metsäpalojen monitorointiin [34].

Terveyhuollossa langattomia sensoriverkkoja hyödynnetään erityisesti terveydentilan ja lääkityksen seurantaan [4]. Lääkityksen kannalta järjestelmillä pyritään edesauttamaan lääkitysohjeiden parempaa noudattamista, erityisesti lääkemäärien ja lääkkeenotto aikojen osalta. Terveydentilan seurannalla puolestaan pyritään keräämään tärkeitä elintoimintoihin liittyviä arvoja hoidon tueksi. Tällaisia tärkeitä arvoja ovat muun muassa sydänkäyrä, pulssi tai ruumiinlämpö. Muita maininnan arvoisia terveydenhuollon sovelluskohteita ovat päivittäisen aktiivisuuden seuranta, kaatumisen ja liikkeen seuranta, sekä sijainnin ja paikannuksen seuranta. Näitä kaikkia yllä mainittuja sovelluskohteita, sekä muutamia käytännön esimerkkejä, käsitellään laajemmin kappaleessa 4.4.

4 Langaton sensoriverkko terveydenhuollossa

Terveydenhuollossa on jo pitkään hyödynnetty erinäisiä sensoreita ja sensoritekno- logiaa. Sensoreita on käytössä niin sairaaloissa, terveyskeskuksissa, kuin kotihoi- dossakin ja ne tarjoavat tärkeää informaatiota asiakkaiden fysiologisesta ja fyysisestä terveydentilasta. Tämä informaatio on erittäin tarpeellista, arvioitaessa potilaan vointia, määriteltäessä diagnooseja, sekä tehtäessä hoitopäätöksiä ja jatkosuunni- telmia [26]. Suurin osa nykypäivän hoitotyöstä olisi mahdotonta, tai vähintäänkin hyvin kustannustehotonta, ilman sellaisia sensoritekno- logioita, kuin kuumemitta- rit, verenpaineen seurantalaitteet, verensokerin seurantalaitteet, elektrokardiogra- fiat (EKG) sekä lukuisat eri kuvantamisen teknologiat.

Terveydenhuollossa sensoritekno- logialla pyritään havainnoimaan potilaan ter- veyden tilaa muun muassa elektronisten, lämpötermisten, optisten, kemikaalisten, geneettisten ym. signaalien avulla. Nämä signaalit yhdistettynä teknologiaa varten kehitetyillä algoritmeilla antavat tärkeää informaatiota tutkittavan voinnista, joka edesauttaa laadukkaan hoidon suunnittelua ja toteutusta [26]. Sensoreita, jotka ei- vät suoraan mittaa henkilön terveyden tilaa, hyödynnetään myös laajasti terveyden- huollossa. Tällaisia ovat esimerkiksi paikannusta ja logistiikkaa hyödyntävät tekno- logiat, joiden avulla kyetään kehittämään hoidon saatavuutta, tavoitettavuutta sekä työnkulkua sairaaloissa.

Seuraavissa kappaleissa käydään ensiksi läpi langattomien sensoriverkkojen tek- nisiä haasteita terveydenhuollon näkökulmasta. Tämän jälkeen määritellään tekni- kan yleisiä hyötyjä terveydenhuollolle, sekä esitetään muutamia tärkeimpiä juridi- sia kysymyksiä. Kappaleessa 4.3 esitetään tärkeimmät huomioitavat seikat tervey- denhuollon langattomien sensoriverkkosovellusten suunnittelussa. Lopuksi kappä- leessa 4.4 käydään läpi sensoriverkkoihin perustuvia sovelluskohteita terveyden- huollossa, sekä esitetään muutama käytännön sovellus.

4.1 Tekniset haasteet

Sensoriverkot tuovat terveydenhuollolle selkeitä hyötyjä, mutta samalla se asettaa kompleksisuudellaan myös lukuisia haasteita järjestelmien suunnittelulle ja käyt-

töönnotolle. Alemdar et al. [4] esittävät työssään näitä haasteita järjestelmän eri tasojen kautta, kuten laitteistotason, fyysisen tason, MAC (Media Access Control) tason, verkkotason, kuljetustason sekä sovellustason. Näiden haasteiden lisäksi Alemdar et al. mainitsevat joukon haasteita, jotka eivät ole suoraan kytkettyjä mihinkään tiettyyn yllä mainittuun tasoon. Ko et al. [26] puolestaan lähestyvät työssään samoja haasteita hiukan laajemmilla otsikoilla ja puhuvat sellaisista kokonaisuuksista, kuin luotettavuus, yksityisyys, turvallisuus, sekä resurssien niukkuus. Seuraavaksi yhdistettynä molempien töiden hyviä puolia kyseisestä aiheesta.

Suunniteltaessa ja kehitettäessä langattomia sensoriverkkoja terveydenhuollolle, tulee huomioida hyvin tarkkaan sellaiset tekniset laitteistoon liittyvät seikat, kuten huomaamattomuus, helppokäyttöisyys, sensoritarkkuus ja kalibrointi, energiatehokkuus sekä informaation keräämisen tehokkuus [4]. Huomaamattomuus ja helppokäyttöisyys on otettava huomioon varsinkin, mikäli kohdehenkilö joutuu läheiseen kontaktiin sensoreiden ja teknologian kanssa. Tällöin puhutaan yleisesti BAN (Body Area Network) teknologiasta, josta tarkemmin tulevissa kappaleissa. Tällaiset ihmisen mukanaan kantamat laitteet, varsinkin suuret ja raskaat, koetaan hyvinkin häiritsevinä ja tällöin suunnittelussa on huomioitava nämä seikat ja kyettävä mahdollisimman huomaamattomiin ja kevyisiin ratkaisuihin. Sensoritarkkuutta vaaditaan erityisesti tilanteissa, joissa sensorilaitteet joutuvat erityisen vaativiin olosuhteisiin. Vaativissa olosuhteissa sensoreiden tarkkuus voi kärsiä ja tilanne vaatia jopa sensoreiden uudelleen kalibrointia. Tietyntyyppiset teknologiset kehitykset, kuten itsekalloibrointi sekä aistimista parantavat algoritmit, ovat erityisen tärkeitä tulevaisuuden järjestelmissä. Yksi suurimmista pullonkauloista langattomien sensoriverkkojen kehityksessä yleisesti on energialähteet ja järjestelmien energiatehokkuus. Sensoreiden energialähteinä käytetään yleisesti akkuparistoja, joiden vaihto tai uudelleen lataaminen voi olla sovelluskohteesta riippuen raskasta tai jopa mahdotonta. Ratkaisua tähän ongelmaan pyritään nykypäivänä hakemaan erilaisten energian keräämiseen perustuvien ratkaisujen kautta, kuten aurinkoenergia tai liike-energia teknologioilla. Viimeisimpänä kappaleen alussa mainittua haastetta informaation keräämisen tehokkuudesta on helppo lähestyä datan määrän suhteen, joka terveydenhuollon järjestelmissä on hyvin suurta. Oikeaan diagnoosiin tai hoitosuunnitelmaan päästäkseen, hoitohenkilökunnan on saatava informaatiota useasta eri lähteestä ja tällöin sensoreiden tuottaman informaation tehokkuudella on suuri merkitys järjestelmän kokonaiskuvassa [4] [26].

Seuraavia haasteita Alemdar et al. [4] nimeävät fyysisen kerroksen haasteiksi, ja

niihin kuuluvat erityisesti luotettavuus, yhteentoimivuus sekä kaistanleveys. Matalat lähetystehot sekä pienet antennit aiheuttavat langattomissa sensoriverkoissa ongelmia lähetyksvarmuuteen sekä lähetysten kattavuuteen. Terveysthuollossa tällaisille ongelmille ei ole kuitenkaan varaa, sillä esimerkiksi tärkeiden elintoimintojen monitoroinnissa järjestelmän luotettavuudella on suuri rooli. Verkkoprotokollien kehittäminen on yksi tie luotettavuuden kasvattamiselle, mutta myös muita keinoja tulee tulevaisuudessa tutkia. Yhteentoimivuuden haaste syntyy tilanteessa, kun järjestelmän useita eri sensoreita pyritään yhteensovittamaan. Kommunikointi eri sensoreiden välillä vaatii useita eri kanavia ja protokollia, sekä mahdollistaa häiriöitä laitteiden välillä. Kaistanleveys, erityisesti langattomilla BAN-verkoilla, on suhteellisen pieni, joka puolestaan tuottaa haasteita tilanteessa, jossa välitettävän informaation määrä on suuri. Haastetta lisää sensoriverkkojen yleinen ominaisuus jaksottaa lähetyksiä ja siten pienentää energiankulutusta. Esimerkiksi sensorinoodit, jotka välittävät informaatiota 10 prosenttia ajasta, ovat erittäin haasteellisia järjestelmissä, joissa siirrettävän informaation määrä on megabittien luokkaa. Koska kaistanleveyttä ei voida kustannustehokkaasti kasvattaa, tulee ratkaisu löytyä muilla keinoilla, kuten kehittyneemmällä pakkausalgoritmeilla.

MAC-(Media Access Control)kerros on tärkeä osa IEEE 802-standardiperhettä, jonka hoidettavana on verkon varaaminen, sekä itse liikennöinti verkossa. Perinteisten haasteiden, kuten yhteyden laadun ja energiatehokkuuden, lisäksi MAC-kerroksen haasteita terveydenhuollon langattomissa sensoriverkoissa ovat muun muassa palvelun laatu (QoS-Quality of Service), sekä hätätapaus raportointi. Palvelun laadun vaatimukset ovat ilmeiset, erityisesti kriittisissä terveydenhuollon sovelluksissa [4]. Yksi palvelun laadun kehittämisen mahdollisuuksista on erityiset QoS MAC rakenteet, joiden tarkoitus on mahdollistaa kriittisten terveydenhuollon viestien etuoikeutettu kanavalle pääsy. Hätätapaus raportointia tarvitaan terveydenhuollon monitoroinnin järjestelmissä, joissa välitetään kriittisiä hätätapausraportteja, tavallisten verkon informaatioiden lisäksi. Hätätilanteessa, viestien tulisi päästä siirtymään etuoikeutetusti verkossa. Tämän johdosta kyseiset järjestelmät kaipaavat viestien oikeudenmukaista priorisointia, joiden avulla eritasoiset viestit kykenevät etenemään verkossa.

Verkkokerroksen haasteista suurimmat terveydenhuollon langattomissa sensoriverkoissa ovat viiveiden optimointi, sekä energia-tietoiset reititysprotokollat [4]. Yleinen langattoman verkon ongelma on viestien tukkeutuminen noodeihin, varsinkin lähellä tukiasemaa. Tämän vuoksi kuorman tasaukseen tähtäävät reititys-

protokollat ovat tärkeitä kehityskohteita. Tärkeitä suunnittelukohteita ovat myös törmäysten välttäminen, sekä oikeanlaiset datan kompressointi tekniikat.

Terveydenhuollon järjestelmät liittyvät yleisesti kriittisen tiedon keräämiseen ja välittämiseen. Tämä tuo omia haasteita myös kuljetuskerrokselle, jossa esimerkiksi pakettien häviäminen saattaa aiheuttaa informaation väärää tulkintaa, tai jopa koko informaation hukkaamisen. Alemdar et al. [4] mainitsevat luotettavan datan välittämisen olevan tärkeä osa mainituissa terveydenhuollon sensoriverkoissa. Eri-tyyppiset terveydenhuollon järjestelmät voivat vaatia joko pakettitason, tai tapahtumatason luotettavuutta. Pakettitason luotettavuutta vaaditaan sovelluksissa, joissa informaatiota kerätään pidemmissä jaksoissa. Tapahtumatason luotettavuus nousee puolestaan esille sovelluksissa, joissa välitetään jonkin tyyppisiä hätäviestejä, kuten kaatumisen havainnointi tai sydänkohtausten seuranta.

Viimeisimpänä järjestelmätasona haasteiden osalta, Alemdar et al. [4] mainitsevat artikkelissaan sovellustason. Käyttäjäystävällisten ja oikeanlaista informaatiota välittävien sovellusten luonti on selkeästi haasteellista ja vaatii hyvää suunnittelua ja koordinoitukykyä kaikkiin muihin järjestelmäkerroksiin nähden. Sovellusten tulee kyetä organisoimaan tallennettu informaatio tehokkaasti, sekä käsittelemään sitä halutulla tavalla.

Yllämainittujen haasteiden lisäksi langattomiin sensoriverkkoihin liittyy monia muitakin haasteita, joita ei suoranaisesti voida kytkeä mihinkään tiettyyn järjestelmätasoon. Seuraavaksi käsitellään tärkeimpiä näistä haasteista, erityisesti terveydenhuollon järjestelmien näkökulmasta.

Terveydenhuollon järjestelmät keräävät ja välittävät yleensä hyvinkin herkkäluonteista informaatiota ihmisistä ja heidän terveydentilastaan. Tämän vuoksi turvallisuus ja yksityisyys ovat tärkeitä ominaisuuksia, jotka erityisesti kohdehenkilöiden mielestä vaikuttavat suuresti järjestelmien hyväksyntään ja käyttöön. Ko et al. [26] mainitsevat artikkelissaan ensimmäiseksi turvallisuuden ja yksityisyyden haasteeksi itse termien heikon määrittelyn. Määrittelyn lisäksi haasteena on selkeiden järjestelmän sisäisten menettelytapojen luominen, joiden avulla esimerkiksi päätellään voiko käyttäjien tekemiin informaatiopyyntöihin vastata myöntävästi vai ei. Pyydettyä informaatiota tulee kyetä arvioimaan itsenäisesti, sekä vertailemaan luotuihin menettelytapoihin ja ratkaista yhtälö, rikkoutuuko yksityisyyden ja turvallisuuden raja. Matalan energian langattomat sensoriverkot ovat erityisen alttiita erityyppisille hyökkäyksille, joita vastustajat käyttävät hyväkseen saadakseen käsiinsä arkaluonteista tietoa muun muassa potilaiden terveydentilasta. Alemdar et al. [4]

määrittelevät turvallisuuden ja yksityisyyden yleisten langattomien sensoriverkkojen vaatimusten kautta. Näitä ovat muun muassa luottamuksellisuus, datan yhteinäisyys, vastuullisuus, saatavuus, sekä käytön hallinta. Lähtökohdaksi mainitaan salausmenetelmät ja sitä myötä tehokkaat avaimien-hallinta protokollat. Terveysterveysthuollon kannalta haasteeksi nousee muun muassa tilanteet, joissa potilaat ovat tajuttomana. Tällöin salasanojen syöttäminen järjestelmään on mahdotonta. Vaihtoehtoksi on kehitelty fysiologisiin signaaleihin perustuvaa todentamista, kuten esimerkiksi retina- tai sormenjälkiin perustuvat menetelmät. Tämän lisäksi Alemdar et al. [4] pitävät erityisen tärkeänä käyttäjien mahdollisuutta hallita kaikkea heistä kerättyä informaatiota ja autonomisesti päättää informaation säilyttämisestä, välittämisestä sekä hävittämisestä.

Ko et al. [26] ovat artikkelissaan määritelleet yhdeksi haasteeksi järjestelmien luotettavuuden. He määrittelevät termin "luotettavuus" esimerkin kautta, jossa happisaturaatiolaite mittaa potilaan veren happitasoa. Laitteen tulee välittää vähintään 30 sekunnin välein arvo eteenpäin. Tämän lisäksi laitteen antaman tuloksen tulee olla 4 prosentin tarkkuudella veren todellisesta happitasosta, jotta laitetta ja järjestelmää voidaan pitää luotettavana. Terveysterveysthuollon järjestelmien kykyyn toimia luotettavina kohdistuu monia haasteita, kuten ympäristön esteet ja radiotien häiriöt, sekä käyttäjien tekemät tahattomat ja tahalliset virheet.

Terveysterveysthuollon sovelluksia kehitetään kaikille potilasryhmille ja siten käyttäjien joukossa on hyvinkin erilaisia ihmisiä. Täten järjestelmien helppokäyttöisyys ja helppo käyttöönotto ovat ominaisuuksia, joihin suunnittelijoiden tulee erityisesti kiinnittää huomiota. Alemdar et al. [4] mainitsevat näiden ominaisuuksien olevan haasteellisia erityisesti vanhusten, pienten lasten, sekä kognitiivisesti rajoittuneiden potilaiden keskuudessa. Järjestelmän tulisi olla mahdollisimman automaattinen, mutta antaa samalla potilaalle mahdollisuus vaikuttaa informaatioon ja sen käyttöön. Järjestelmän tulisi myös olla helposti käyttöön otettavissa, varsinkin mikäli sen käyttö on laajennettavissa suurempaan määrään potilaita ja hoitohenkilökuntaa.

4.2 Yleiset hyödyt

Langattomat sensoriverkot mahdollistavat ajasta ja paikasta riippumatonta seuranta, niin fyysisistä, fysiologisista, psykologisista, kognitiivisista, kuin käyttäytymisen prosesseista [26]. Tällainen tiivis seuranta mahdollistaa suuren skaalan kohteita,

aina yksilön henkilökohtaisesta tilasta, rakennuksiin ja sitäkin suurempiin ympäristöihin. Tällaisten mahdollisuuksien saattelemana terveydenhuolto saavuttaa suurta hyötyä, juuri monipuolisen ja kattavan informaation keräämisen muodossa.

Alemdar et al. [4] määrittelevät langattomat sensoriverkot lääketieteessä soveltuksiksi, jotka pyrkivät ensisijaisesti kehittämään nykypäivän terveydenhuoltoa ja yksilöiden seurantaa, erityisesti vanhusten, lasten, sekä kroonisesti sairaiden osalta. Tällaisissa sovelluksissa nähdään suuria etuja, ja yhtenä suurimmista pidetään yksilöiden etäseurantaa ja -monitorointia. Tällaisen monitoroinnin mahdollistamana riskipotilaiden terveydentilan seuranta helpottuu ja potilaat, jotka elävät eriasteisten fyysisten tai kognitiivisten haasteiden kanssa, saavat mahdollisuuden helpompaan ja itsenäisempään elämään.

Terveydenhuollon sovelluksissa suurimpana hyötynä nähdään mahdollisuus reaaliaikaiselle tunnistukselle ja reagoinnille. Reaaliaikaisuutta ei kuitenkaan yleensä vaadita täydellisenä, vaan tietty viive hyväksytään. Esimerkiksi tunnistettaessa tiettyjä hätätiloja, kuten sydänkohtaus tai kaatuminen, muutaman sekunnin tai minuutin viiveellä ei ole suurta vaikutusta potilaan hoitoon. Tärkeintä on saada oikea informaatio lähetettyä eteenpäin oikeille henkilöille [4].

Sensoreiden kehitys ja niiden tuoma mahdollisuus monipuoliseen aistimiseen on kasvanut suuresti viime vuosina. Edulliset, pienikokoiset ja teknisesti laadukkaat sensoriratkaisut ovat mahdollistaneet langattomien sensoriverkkojen hyväksikäytön myös kotona ja ihmisten jokapäiväisessä elämässä [26]. Lisäksi monipuolisten ja kehittyneiden algoritmien hyväksikäyttäminen on mahdollistanut monimutkaisten vointien ja terveydentilojen aistimisen, kuten stressin, depression ja riippuvuuden havainnoinnin sensoreiden tuottamasta informaatiosta.

Langattomien sensoriverkkojen mahdollistaman kokonaisvaltaisen terveydenhuollon järjestelmän saavuttamia etuja on myös kyky tunnistaa asiayhteyksiä. Kontekstintietoisuus auttaa meitä ymmärtämään ihmisiä joita monitoroidaan, sekä heidän elinympäristöään. Tämä asiayhteyden tunnistaminen tapahtuu yleensä sellaisten järjestelmien kautta, joissa on hyväksikäytetty monipuolista sensorikapasiteettia. Yhdistämällä useiden eri sensoreiden informaatiota, saavutamme paremman käsityksen asiayhteydestä sekä kykenemme tarkempiin päätelmiin itse tilanteesta [4]. Esimerkiksi aistimalla samanaikaisesti henkilön elintoimintoja, aktiivisuutta sekä paikannusta, voimme tehdä pitkälle vietyjä päätelmiä hänen terveydentilastaan. Otetaan tilanne, jossa yöaikaan havaitaan henkilön makaavan sängyssä ja hänen pulssinsa on matala. Tällainen tilanne koetaan monitoroinnin osalta normaalina ja

yleinen päätelmänä on, että ihminen nukkuu. Mutta päätelmä voi muuttua yhdestäkin havainnoinnin muutoksesta, kuten pulssin noususta tai ajan muuttumisesta yöstä päiväksi. Terveydenhuollon langattomien sensoriverkkojen hyötyjä käsitellään lisää kappaleessa 5, jossa esitellään erilaisia terveydenhuollon sovelluskohteita ja käytännön esimerkkejä.

4.2.1 Juridiset kysymykset

Ameen et al. [5] käsittelevät artikkelissaan langattomien sensoriverkkojen sosiaalisia kysymyksiä terveydenhuollon näkökulmasta. Yhtenä osana sosiaalisia kysymyksiä ovat juridiset haasteet, jotka nousevat ymmärrettävästi esiin, kun käsitellään terveydenhuollon informaatiota langattomissa sensoriverkoissa. Esimerkiksi kysymys siitä, kuka on vastuussa kerättävästä potilastiedosta ja sen turvallisesta hallussapidosta. Entä kuka ohjaa ja määrittelee ohjeita sekä käyttöoikeuksia informaatiolle. Toisin sanoen, kuka on vastuussa mahdollisten väärinkäytösten sattumisesta. Maailmalla on laadittu tiukkojakin lakeja tietojenkäsittelyssä tapahtuvalle kyberrikollisuudelle, mutta niiden tarkennuksia terveydenhuollossa käytettäville sensoriverkoille tulisi käsitellä laajemmin. Lisäksi ihmisten yleistä tietoisuutta kyberrikollisuutta vastaan asetettuja lakeja kohtaan tulisi kasvattaa, jotta kansalaiset osaisivat paremmin varautua niiden noudattamiseen.

4.3 Suunnittelussa huomioitavaa

Terveydenhuollon langattomien sensoriverkkosovellusten tarkoitus on parantaa ihmisten terveydenhoitoa, sekä edesauttaa itsenäisempään elämään. Alemdar et al. [4] mainitsevat erityisiksi kohderyhmiksi vanhukset, lapset sekä kroonisesti sairaat. Tutkittuaan suurta määrää nykypäivän sovelluksia Alemdar et al. löysivät muutamia yhtäläisyyksiä näiden suunnittelusta. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tärkeimpiä löydettyjä yhtäläisyyksiä.

4.3.1 Body Area Network

Suurimmassa osassa nykypäivän sovelluksia sensorit ovat kiinni kohdehenkilön kehossa tai vaatteissa, muodostaen näin Body Area Network(BAN) -verkon. Tällaiset sensorit mittaavat muun muassa henkilön sydämen sykettä ja yleistä liikettä. Tärkein huomioitava seikka BAN-verkkojen suunnittelussa on energian kulutus, sillä

paristojen vaihto on vaativa tehtävä, varsinkin vanhuksille ja lapsille. Energiatehokkuutta voidaan parantaa muun muassa energiaa säästävien MAC-protokollien, sekä kehittyneiden sensoreiden avulla. Toinen huomion aihe BAN-verkoissa on lähetystehot, joiden tulisi terveydellisistä syistä olla mahdollisimman matalat. Tämä puolestaan tuottaa ongelmia lähetysten kattavuuteen, sekä yleiseen kapasiteettiin. Lisäksi BAN-verkkojen ymmärrettäviä haasteita ovat helppokäyttöisyys, kohdehenkilön vapaa liikkuminen, sekä järjestelmän turvallisuus. Helppokäyttöisyyden ja vapaan liikkumisen osalta järjestelmän sensorit ja muut osat tulisivat olla mahdollisimman huomaamattomia, jotta niiden olemassaolo ei vaikuta kohdehenkilön jokapäiväiseen elämään. Turvallisuuteen liittyy ongelmia sekä informaation saatavuuden, että tietoturvan osalta. Järjestelmän keräämä tieto tulee olla kattavasti käytettävissä, erityisesti kriittisissä terveydenhuollon sovelluksissa, kuten kaatumisen havainnoinnissa. Tietoturva on tärkeää terveydenhuollon järjestelmissä, sillä käsiteltävä informaatio on hyvin luottamuksellista.

4.3.2 Personal Area Network

Järjestelmän osaa, jossa sensorit on sijoitettuna kohdehenkilön läheisyyteen, kutsutaan Personal Area Network(PAN) -verkoksi. Sensorit voidaan sijoittaa kiinteästi esimerkiksi henkilön asuntoon, tai ne voidaan sijoittaa liikkuviin esineisiin, kuten pienet kodin esineet tai vaikka henkilön älypuhelin. Yleensä PAN-verkon sensorit mittaavat liikettä, ääntä, ilmanpainetta, lämpötilaa, kosteutta tai esimerkiksi valon määrää. Näiden sensoreiden yhteinen tavoite on kerätä tärkeää lisäinformaatiota kohdehenkilöstä ja hänen ympäristöstään. Yksi tärkeä osa PAN-verkkoja, ovat RFID-tunnisteet, joiden avulla voidaan välittää yksityiskohtaista informaatiota laajalti käytössä olevan RFID-teknologian avulla. Edulliset ja pienet RFID-tunnisteet mahdollistavat myös paristoista vapaan ja energiatehokkaan toiminnan, sillä kuten yleisestikin langattomissa sensoriverkoissa, PAN-verkkoissa energiankulutus on tärkeä osa järjestelmän suunnittelua.

4.3.3 Yhdyskäytävä ja Wide Area Network

Yhdyskäytävän (gateway) vastuulla langattomassa sensoriverkossa on liittää BAN- ja PAN-verkot Wide Area Network (WAN) -verkkoon. WAN-verkko voi järjestelmästä riippuen tarkoittaa joko matkapuhelinverkkoa, tavallista puhelinverkkoa, satelliittiverkkoa tai Internet-verkkoa. Gateway voi olla henkilön kannettava mobiili-

lilaite, kuten älypuhelin, tai ympäristöön sijoitettu sensorinoodi, sekä tarpeen mukaan myös kannettava tietokone tai serveri. Koska gateway toimii linkkinä sensoreiden ja WAN-verkon välillä, se on yleisesti koettu heikoimmaksi lenkiksi langattomissa sensoriverkoissa. Tämän vuoksi on tärkeää, että BAN- ja PAN-verkot kykenevät prosessoimaan mahdollisimman paljon informaatiota, jotta kyetään minimoimaan välitettävän datan määrää gatewayn kautta.

4.3.4 Loppukäyttäjän sovellus

Loppukäyttäjän sovellukset ovat jokaisen järjestelmän tärkein osa, jossa kaikki tieto esitetään halutulla tasolla ja tarpeen mukaan tulkittuna. Sovellukset jaetaan kahteen osaan, datan prosessointiin, sekä käyttöliittymään. Prosessointi-osa tuo järjestelmään älykkäiden algoritmien kautta päättelykykyä, muun muassa sydänsignaalin vääristymissä, tai kaatumisen tunnistusta videosignaaleista. Graafista käyttöliittymää käytetään muun muassa reaaliaikaisen informaation tuottamiseen elintointojen seurannassa, sekä erityyppisten hälytystoimintojen laukaisemiseen hätätapauksissa. Loppukäyttäjän sovelluksen tulee myös tuottaa rajapinta järjestelmän hallintaan, muun muassa hälytysrajojen konfigurointia ja käyttöoikeuksien hallintaa varten.

4.4 Terveysthuollon sovelluksia

Tutkimustyö on nykypäivänä runsasta sensoriverkkojen hyödyntämisessä terveydenhuollossa. Alemdar et al. [4] selvittävät artikkelissaan tiettyjä otsikotason määritelmiä tällaisille tutkimuksille, jotka ovat (i) päivittäisen aktiivisuuden seuranta, (ii) kaatumisen ja liikkeen seuranta, (iii) paikannus, (iv) lääkityksen seuranta, sekä (v) lääketieteellisen statuksen seuranta. Seuraavissa kappaleissa käsitellään näitä määritelmiä tarkemmin, sekä esitetään muutamia esimerkkisovelluksia.

4.4.1 Päivittäisen aktiivisuuden seuranta

Päivittäisen aktiivisuuden seurannassa langattomilla sensoriverkoilla pyritään keräämään informaatiota kohdehenkilöistä ja heidän elinympäristöstään, joko henkilön elinympäristöön tai kehoon asennetuilla sensoreilla (PAN- ja BAN-verkot). Mittauksilla pyritään määrittelemään henkilön fyysistä, psyykkistä tai käytökseen perustuvaa tilaa reaaliajassa, sekä mahdollisuuksien mukaan verrata tätä tietoa henki-

lön elinympäristön ja sosiaalisen tilan asiayhteyteen [26].

Alemdar et al. [4] asettavat artikkelissaan mielenkiintoisen kysymyksen siitä, millä perusteilla päivittäisen aktiivisuuden seurannan sovelluksissa päätetään seurattavat aktiviteetit? He esittävät väitteen, että suurimmassa osassa nykypäivän tutkimuksia ei ole selkeästi määritelty motiiveja valittujen aktiivisuuksien seurannalle. Tietyt aktiivisuudet kuuluvat selkeästi yhteen tiettyjen spesifisten sairauksien kanssa, kuten epileptisten kohtausten seurannassa. Mutta esimerkiksi parran ajamisen tai hampaiden harjaamisen seuraamisen hyötyjä on vaikea löytää terveydenhuollon järjestelmissä. Tärkein asia päivittäisen aktiivisuuden seurannan sovelluksissa ja niiden suunnittelussa on löytää sellaiset sensorit, jotka ovat kohdehenkilölle mahdollisimman huomaamattomat. Mittalaitteiden, sekä käytetyn teknologian tulee häiritä kohdehenkilön päivittäistä toimintaa mahdollisimman vähän, jotta kerättävä informaatio olisi puhdasta ja totuuden mukaista [4]. Tällä tavoin kerätystä informaatiosta on mahdollista tehdä päätelmiä kohdehenkilön terveydestä ja hyvinvoinnista. Lisäksi järjestelmien avulla voidaan opastaa kohdehenkilöä korjaamaan omaa toimintaansa, tai puuttua havaittuihin virheisiin. Lisäksi tällaisilla sovelluksilla on mahdollista saavuttaa edullinen ja tehokas tapa monitoroida ikäihmisiä, sekä heidän sairauksiaan [26].

4.4.2 Kaatumisen ja liikkeen seuranta

Kaatumisen ja liikkeen seuranta kuuluvat yhtenä osana ihmisen päivittäisen aktiivisuuden seurantaan. Tässä työssä ne on eroteltu omaksi kappaleeksi, koska niiden tutkimustyö on ollut erityisen aktiivista aina tähän päivään saakka. Syy tähän aktiiviseen tutkimukseen on tilastot, joiden mukaan kaatuminen on yksi yleisimmistä kuolemaan johtavista syistä yli 65 vuotiaiden joukossa [4]. Kaatumisen ja liikkeen seurantaan voidaan käyttää apuna videokuvaa, mutta se ei ole hyvin yleistä nykypäivän tutkimuksissa, johtuen kuvaamisesta syntyviin yksityisyyden haasteisiin. Toinen tapa on käyttää hyväksi kiihtyvyyssmittareita, kiinnitettynä ihmisen kehoon. Tällaisessa tutkimuksessa on havaittu hyväksi sensoreiden tarkat mittausravot. Toisaalta haasteeksi on noussut kiihtyvyyssmittareilta kerättyjen tietojen analysointi, sillä järjestelmillä on ollut vaikeaa erottaa kaatuminen ihmisen normaalista aktiivisuudesta, kuten nopea makuulle meneminen tai istuminen. Parhaimmat tulokset onkin saatu järjestelmillä, joissa on käytetty hyväksi useiden erityyppisten sensoreiden keräämää tietoa. Tällöin havainnot muun muassa kiihtyvyyssmittareista ja paikannuksesta kyetään päättelytilanteessa yhdistämään ja saamaan täten varmempia tuloksia

kaatumisesta.

4.4.3 Esimerkki: HipGuard

Yksi esimerkki kaatumiseen ja liikkeeseen liittyvästä käytännön sovelluksesta on lonkkaleikkauspotilaiden toipumiseen kehitetty HipGuard [23]. Sensoriteknologiaa hyväksi käytävä järjestelmä on tarkoitettu kotikäyttöön, lonkkaleikkauksen jälkeiseen toipumisjakson seurantaan. Järjestelmän avulla kyetään mittaamaan potilaan kehon ja erityisesti lonkan asentoa, sekä mittaamaan potilaan leikatulle jalalle asettamaa painoa. Kaiken mittaamisen ja seurannan tarkoituksena on auttaa potilasta seuraamaan hänelle annettuja hoito-ohjeita, sekä varoittamaan mikäli hoitohenkilökunnan antamat liikerajoitukset ylittyvät. Lonkkaleikkausten määrä maailmalla kasvaa vuosi vuodelta, johtuen erityisesti vanhempien ikäluokkien kasvavasta määrästä. Lonkkaleikkausten jälkeisien komplikaatioiden syynä on suurelta osin potilaan varomattomuus, sekä liian aikainen rasituksen nostaminen leikatussa jalassa. Lonkkaleikkauksista, niiden uusinnoista, sekä pitkistä sairaalajaksoista on ymmärrettäviä taloudellisia haittoja terveydenhuollolle, joihin HipGuard-järjestelmällä pyritään vastaamaan. HipGuard koostuu housuihin kiinnitetyistä seitsemästä langattomasta sensorinoodista, sekä kengän pohjalliseen asennetusta painesensorista. Noodit mittaavat kiihtyvyyssanturien, magneettisten sensorien, sekä gyroskooppien avulla leikatun lonkan liikettä ja asentoa. Painoanturi kengänpohjassa mittaa potilaan leikatulle jalalle asettamaa painoa. Sensoreiden lisäksi järjestelmään kuuluu keskusyksikkö järjestelmän ohjausta ja tiedon prosessointia varten, sekä potilaalle annettavia hälytyksiä varten. Keskusyksikkö kerää sensoreilta informaatiota ja ilmoittaa potilaalle äänimerkillä tai värinällä, mikäli asetetut liikerajat ylittyvät. Keskusyksikön kautta hoitohenkilökunta kykenee asettamaan potilaalle spesifiset liikerajat, sekä leikatun jalan painorajat. Sensorit lähettävät informaatiota keskusyksikölle ANT-verkon kautta, ennalta määrättyin väliajoin. Järjestelmällä on mahdollisuus kasvattaa tätä lähetystiheyttä, mikäli asetetut liike- tai painoarvot ovat liian lähellä asetettuja rajoja. Keskusyksikkö voi myös välittää sensoritiedot sekä annetut hälytykset eteenpäin mobiililaitteille tai PC-tietokoneelle Bluetooth-yhteyden avulla.

4.4.4 Sijainnin paikannuksen seuranta

Paikannusta terveydenhuollon langattomissa sensoriverkoissa hyödynnetään sekä sisä-, että ulkoilmasovelluksissa. Sisätiloissa tapahtuvaa paikannusta hyödynnetään

yleensä osana jotain suurempaa järjestelmää ja sen tarkoitus on tällöin tuottaa lisäarvoa muiden sensoriarvojen perusteella tehtäviin päätelmiin. Ulkoilmasovelluksissa paikannuksella on yleensä suurempi merkitys järjestelmän kokonaistavoitteissa ja sitä hyödynnetään muun muassa kognitiivisten ongelmien kanssa elävien henkilöiden auttamisessa tai henkilön sijainnin paikantamisessa hätätilanteessa, kuten esimerkiksi epilepsiakohtauksen sattuessa [4]. Alemdar et al. määrittelevät artikkelissaan GPS-tekniikan olevan tänä päivänä käytetyin ja toimivin tekniikka ulkona tapahtuvaan paikannukseen. Artikkelissa myös todetaan GPS-tekniikan heikko toimivuus sisätiloissa, jonka vuoksi tulevia tutkimuksia on hyödyllisintä kohdistaa juuri uusien sisätiloissa tapahtuvien paikannustekniikoiden löytämiseen. Nykypäivän tutkimuksissa sisätiloissa tapahtuvaa paikannusta pyritään kehittämään muun muassa RFID-, ultraääni- sekä videoteknologioiden avulla.

4.4.5 Lääkityksen seuranta

Alemdar et al. [4] määrittelevät lääkitsemisen yleisimmäksi haasteeksi lääkitsemisohjeiden noudattamisen, erityisesti vanhusten ja kognitiivisten ongelmien kanssa elävien ihmisten osalta. Lääkitsemiseen liittyviä ongelmia koetaan niin lääkkeenotto aikojen, kuin määrän noudattamisessa. Lääkemäärien suhteen on historiassa kehitelty useita menetelmiä, kuten valmiiksi pussitetut annospussit, sekä niitä jakavat annostelukoneet. Lääkkeenottoaikoihin on pyritty löytämään ratkaisuja erityyppisillä muistutuksilla ja hälytyksillä antavilla laitteilla. Kuitenkin vasta viimeaikainen kehitys on tuonut markkinoille järjestelmiä, joilla on ollut mahdollista saavuttaa kokonaisvaltaisempi ratkaisu lääkitsemisen ongelmiin. Tällaisissa toteutuksissa hyödynnetään monipuolisesti langatonta sensoritekniikkaa, muun muassa muistuttamalla lääkkeenotto ajoista ja määristä, seuraamalla itse lääkkeenottoa sekä ilmoittamalla lääkkeen loppumisesta. Tällaisissa kokonaisvaltaisemmissa järjestelmissä voidaan henkilöä muistuttaa esimerkiksi kämmenmikrojen tai TV:n välityksellä, mistä pullosta tai purkista lääkettä tulee ottaa ja kuinka paljon. Itse lääkkeenottoa voidaan seurata lääkepurkkeihin tai -pusseihin kiinnitetyillä sensoreilla ja siltä osin varmistamaan, että lääke on otettu. Markkinoilla on myös erityisiä lääkeannostelijoita, joihin hoitohenkilökunta täyttää potilaan lääkepusseja ja joita annostelija jakaa ulos ennalta määritetyin väliajoin. Tällaisissa annostelijoissa on yleensä integroituna myös hälytys, joka muistuttaa potilasta lääkkeen ottamisesta ja haluttaessa lähettää hoitohenkilökunnalle hälytyksen, mikäli jokin lääke jää ottamatta.

4.4.6 Terveydentilan seuranta

Eniten tutkittu sovellustyyppi terveydenhuollon kokonaisvaltaisista järjestelmistä on terveydentilan seuranta [4]. Yleisimmin seuratut elintoiminnot ovat sydänekäyrä (EKG), pulssi, happisaturaatio, verenpaine, sekä ruumiinlämpö. Suurimmassa osassa tutkimuksia keskitytään sensoreiden keräämän tiedon välittämiseen eteenpäin etäälle, jossa informaatiota arvioidaan tarkemmin ja tehdään tarvittavia päätelmiä. Terveydentilan seurantaan perustuvilla sovelluksilla on suuri määrä käyttökohteita, ylettyen suuronnettomuuksien hoidosta aina sairaaloissa tapahtuvaan potilaiden seurantaan saakka. Tutkimus on ollut erityisen laajaa niin sanottujen älykotien kehittämisessä, jossa tavoitteena on saavuttaa asukkaiden, erityisesti vanhusten, ympärivuorokautinen etäseuranta [26]. Alemdar et al. [4], sekä Ko et al. [26], esittelevät artikkeleissaan useita nykypäivän sovelluksia terveydentilan seurantaan. Näissä sovelluksissa yhdistyy langattoman sensoriverkon monipuolinen hyödyntäminen kohdehenkilön fysiologisen informaation keräämisessä ja välittämisessä hoitohenkilökunnalle, tavoitteena parantaa ja syventää henkilön saamaa hoitoa. Suurin osa esitellyistä sovelluksista on toteutettu BAN-verkoilla, sekä niitä tukevilla PAN-verkoilla. Sovelluksissa seurataan esimerkiksi BAN-verkon avulla jotain potilaan fysiologista tilaa, kuten sydänekäyrää ja tätä informaatiota tuetaan erityyppisillä PAN-verkon toteutuksilla, kuten huoneen lämpötilan, valon tai kosteuden mittauksilla. Järjestelmien tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman kattavaa informaatiota, jotta niistä kyetään tekemään laskelmia ja päätelmiä hyväksikäytettäväksi tulevien jatkotoimenpiteiden ja hoitosuunnitelmien tekoon. Osassa sovelluksia on käytössä myös reaaliaikaiset hälytykset muun muassa sydänpysähdysten tai muiden äkillisten sairaskohtausten varalta. Nämä hälytykset välitetään hoitohenkilökunnalle ja/tai omaisille, suunniteltua informointikanavaa hyväksikäyttäen.

4.4.7 Esimerkki: Alarmnet

Tyypillinen kodeissa ja palveluasumisessa hyödynnettävä, langattomaan sensoriverkkoon perustuva terveydenhuollon järjestelmä on Yhdysvalloissa, Virginian Yliopistossa kehitetty AlarmNet-järjestelmä [45] [44]. Alarmnet-järjestelmä on suunniteltu kotona sekä palveluasumisen piirissä asuvien asiakkaiden pitkäaikaiseen terveyden seurantaan. Järjestelmän tavoitteena on mukautua yksilökohtaisesti kohdehenkilöiden tilanteeseen sekä käyttäytymismalleihin, ja sitä myötä tehostaa järjestelmän toimintaa muun muassa energiankulutuksen ja yksityisyyskäytäntöjen osal-

ta. Lisäksi tavoitteena on tuottaa helposti laajennettavissa oleva järjestelmä, johon on mahdollista lisätä erityyppisiä sensoreita, käyttöliittymiä, sekä energia- ja yksityisyyskäytäntöjä.

Alarmnet koostuu viidestä eri osasta. BAN-verkon vastuulla on fysiologisten tietojen, sekä paikannuksen välittäminen. PAN-verkon kautta kerätään tietoa ympäristöstä, kuten huoneiston lämpötilaa, valoisuutta ja kosteutta, sekä kohdehenkilön liikettä. AlarmGate-osio yhdistää langattoman sensoriverkon ja IP-verkot, sekä huolehtii järjestelmän tietoturvasta, yksityisyydestä, virranhallinnasta, sekä kyseilyn hallinnasta. Kaikki tieto tallennetaan etäkoneille, pitkäaikaista analysointia ja tiedonlouhintaa varten. Kämmenmikrossa toimivan graafisen käyttöliittymän avulla hoitohenkilökunta kykenee seuraamaan ja etsimään järjestelmän keräämää ja tallentamaa informaatiota.

5 Älykoti vanhuspalveluissa

Älykodin tarkkaa määritelmää on erittäin vaikea antaa, sillä älykodin tutkimustyö kehittyy vielä hurjaa vauhtia ja on siten koko ajan muutoksen alla. Chan ja kumppanit [11] pyrkivät antamaan artikkelissaan määritelmän, jonka mukaan termiä älykoti käytetään asunnosta, joka on varustettu tietyllä teknologialla ja joka mahdollistaa asukkaiden monitoroinnin. Älykodin tarkoitus on kannustaa asukkaita itsenäisyyteen ja terveellisen elämän tavoitteluun. Termin käsitettä voisi jatkaa lisäämällä siihen mukaan myös kodin automatiikan ja etähallinnan, joiden kautta älykoti saa huomattavasti kokonaisvaltaisemman merkityksen. Tässä työssä ja tulevissa kappaleissa älykotia tarkastellaan erityisesti sensoriverkko pohjaisesta näkökulmasta, jossa sensorinoodit keskustelevat yhteisen langattoman verkkoteknologian välityksellä.

5.1 Älykodin hyödyt

Älykodin tarkoitus vanhustenhuollossa on tukea ikäihmisiä, kroonisesti sairaita sekä liikuntarajoitteisia heidän kotona pärjäämisessään. Älykoti mahdollistaa teknologiallaan ikäihmisten ympärivuorokautisen seurannan ja tukemisen, myös silloin kun hoitohenkilökunta ja lähiomaiset eivät ole lähellä. Älykoti mahdollistaa täten uuden tavan suorittaa terveyden arviointia ja hoitosuunnitelmien laadintaa, välittämällä laadukkaampaa ja monipuolisempaa informaatiota hoitohenkilökunnalle kellon ympäri. Älykodin kautta tapahtuva ympäristön aistiminen ja mahdolliset fysiologiset mittaukset voidaan muuttaa varsin tarkoiksi ennustuksiksi kohdehenkilön terveydestä. Ennustukset voidaan saavuttaa jo erittäin varhaisessa vaiheessa ja tuottaa esimerkiksi hoitohenkilökunnalle haluttu hälytys tai huomautus asiasta. Kodin telemonitorointi kroonisten sairauksien kohdalla on osoittautunut erittäin toimivaksi ja luotettavaksi potilas-keskeiseksi toiminnaksi, joka aktivoi potilaita huolehtimaan itsestään, vaikuttaa heidän mielipiteisiin ja käyttäytymiseen, sekä lopulta parantaa heidän terveydentilaansa [36]. Älykotien kautta potilaat saavuttavat suuremman tietoisuuden omasta terveydentilastaan, oppivat enemmän sairauksistaan ja niiden hoidosta, sekä omaavat suuremman vastuun omasta hyvinvoinnistaan.

Yksi selkeä etu älykodista saavutetaan asiakkaan omahoidon suunnittelussa ja arvioinnissa. Itse hoidon suunnittelussa hyödynnetään aiemmin tehtyjä hoito- ja palvelusuunnitelmia, sekä tietysti vahvaa vuorovaikutusta asiakkaan ja hoitohenkilökunnan välillä. Asiakkaan omahoitoa tuetaan lisäksi vahvasti sähköisten järjestelmien avulla, joiden kautta on mahdollista saada huomattava määrä validia tietoa asiakkaasta, hänen elintavoistaan ja terveydentilastaan. Asiakkaalla on kodissaan hoitoa tukevia laitteita, jotka auttavat asiakkaan omahoidon toteutusta ja keräävät kaiken tarvittavan tiedon jatkosuunnitelmia varten.

Tutkimukset ovat osoittaneet, että potilaat ovat varsin myönteisiä älykotia ja telelääketiedettä kohtaan [37]. Potilaiden mukaan hyödyt ovat nähtävissä muun muassa hoitoon pääsyn odotusaikojen pienentymisenä, parantuneena hoitopääsynä yleensä, alentuneina terveydenhuollon kustannuksina sekä yleisvaikutelmana, että etäyhteyden kautta tapahtuva tutkimus on huoleellisempi, kuin perinteinen tutkimus. Moni potilas valitsisi mieluummin etäkonsultaation hoitohenkilökunnan kanssa, kuin matkustamisen paikanpäälle, säästäten näin aikaa ja rahaa. Nykypäivän tietotekniikan kehityksillä on kyetty osoittamaan selkeää etua niin kustannusten, kuin ihmisten tekemien virheiden vähentymisenä. Tällaisia nykypäivän ratkaisuja on esimerkiksi eResepti, päätöksentuki-sovellukset, sekä lääkkeiden ja välineiden viivakoodaus ja tagit.

5.2 Älykodin haasteet

Käyttäjien tarpeista lähtevien tutkimusten puute on suurin syy siihen, että terveydenhuollon teknologiaa ei ole laajemmin hyväksikäytetty tämän päivän älykodeissa [11]. Selitys tähän löytyy perinteisestä järjestelmäkehityksestä, jossa toimittaja tuottaa ns. teknologian määrittelemää kehitystä kentälle, kun asiakkaat vaativat enemmän tarve-pohjaista kehitystä. Terveydenhuollon ammattilaiset ovatkin ilmaisseet huolensa kehitystä kohtaan, jossa älykotijärjestelmät eivät kykene hyväksikäyttämään kliinista dataa tarpeeksi kattavasti, jos ollenkaan. Lisäksi huolta aiheuttavat järjestelmien kustannukset, ei-toivotut toteutukset, tietoturvahuolet sekä tietosuojakysymykset. Syvempiä syitä tällaiseen tilanteeseen löytyy taloudellisesta tilanteesta, liian monimutkaisista ja toimittajakohtaisista toteutuksista, sekä yleisten standardien puutteesta alalla.

Älykotien turvallisuus mielletään yleensä pelkästään järjestelmän tietoturvan, sekä ihmisen yksityisyyden suojeluksi. Kokonaisuutena älykotien turvallisuus ja

luotettavuus mitataan kuitenkin myös muistakin tekijöistä, kuten väärinkäytöksistä, sovellusvirheistä, laitevicioista, viestinnän häiriöistä, jne. Väärinkäyttöä voi tapahtua tahallisesti tai tahattomasti tilanteissa, jotka vaativat asukkaan toimintaa. Järjestelmän ja sen laitteiden väärinkäyttö voi aiheuttaa vaaratilanteita, ei vain asukkaalle itselleen, mutta myös ympäristölle ja naapureille [12].

Lisäksi järjestelmässä voi olla itsessään sovellusvirheitä tai laitevikoja, jotka voivat aiheuttaa vaaraa itse järjestelmälle, sekä ympäristölle. Tällaisten vikojen kautta järjestelmä voi toimia yllätyksellisesti tai välittää virheellistä informaatiota järjestelmässä. Esimerkiksi virheellisesti toimivat anturit voivat välittää väärää tietoa kodin tapahtumista ja hoitohenkilökunta tuottaa virheellisiä hoitosuunnitelmia ja hoitoa näiden tietojen pohjalta. Lisäksi informaation välityksessä ilmenevät virheet ja häiriöt voivat saattaa järjestelmän virhetilaan tai toimimaan ennalta arvaamattomasti. Langattomat teknologiat voivat kärsiä erinäisistä häiriötekijöistä asunnoissa, kuten mikroaaltouuneista tai muista radioaaltoja lähettävistä laitteista.

Älykodin suunnittelussa ja toiminnallisuudessa onkin tärkeää saavuttaa mahdollisimman virhe-sietoinen lopputulos, jossa mahdolliset ongelmat eivät vaaranna koko järjestelmän käyttöä vaan päinvastoin, niiden mahdollisuudet tunnistetaan ja toipuminen niistä on suunniteltua ja tehokasta.

Ikäihmisten näkemys yksityisyydestä on yksi hidaste sille, että älykotitekniologiaa ei saada toimitettua tuotantokäyttöön, vaikka niiden todetaan parantavan elämänlaatua ja turvallisuutta yksin asumiseen. Yksityisyyden tunne voi särkyä, mikäli älykodin laitteet välittävät enemmän tietoa potilaasta, kuin mitä hän itse toivoisi. Tästä syntyvä epäluottamus voi johtaa informaation salaamiseen, virheellisen tiedon välittämiseen hoitohenkilökunnalle, tai koko järjestelmän välttelyyn [14].

Älykoti teknologiaa kohtaan löytyy myös muita hidasteita, kuten eettiset kysymykset. Hoitohenkilökunnan tulee varmistua, että hoidettavat tunnistavat kaikki mahdolliset hoitokanavat ja että henkilökunnalla on potilaiden lupa käyttää terveydenhuollon sähköisiä palveluita. Monissa maissa, mukaan lukien Skandinavian maat, älykoti teknologiaa ei voi käyttää ilman asukkaan kirjallista lupaa. Ikäihmisten ja pitkäaikaissairaiden kohdalla voi olla, että he eivät itse kykene antamaan tällaista lupaa, jolloin vaaditaan mahdollisesti lähiomaisen lupa. Lähiomainen ei kuitenkaan automaattisesti omaa lupaa päättää asioista ja laki vaihtelee suuresti eri maiden välillä [11]. Tämän lisäksi muun muassa Euroopasta puuttuu kokonaan puitelaki telelääketieteen osalta. Esimerkkinä tilanteen hankaluudesta voidaan mainita muutamien Euroopan maiden kanta hoitokorvausten osalta. Muun muassa Belgian

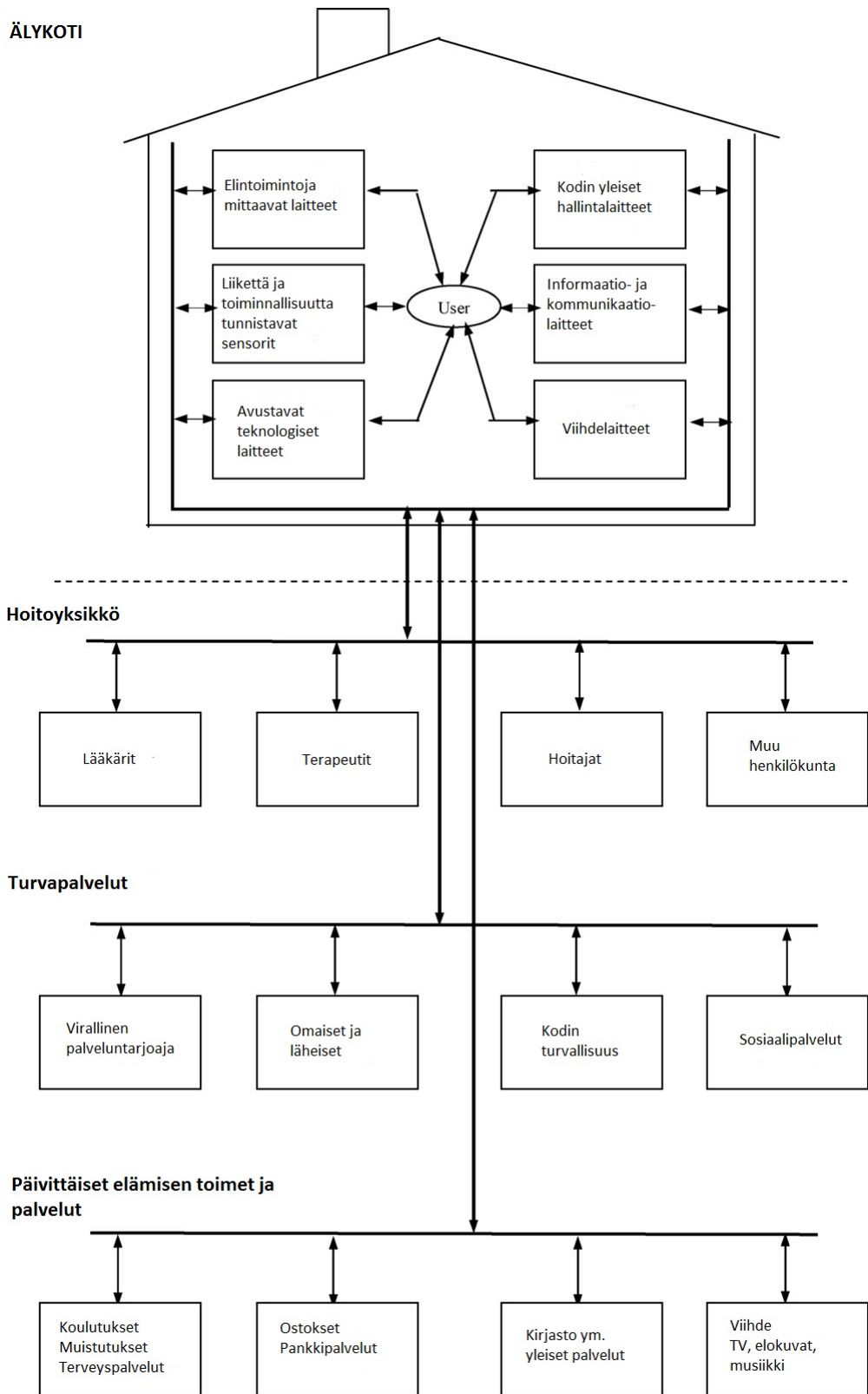
valtio on määritellyt, että hoitokorvauksia voi hakea vain, mikäli hoidettava on ollut fyysisesti yhteydessä hoitohenkilökuntaan. Tämä tarkoittaa, että mikään televiestintän kautta kerätty tieto ei sellaisenaan voi todistaa asiakkaan terveydentilaa tai tapahtunutta traumaa, vaan jokainen hoitotapaus on hoidettava hoitohenkilökunnan kautta. Tällaiset lait ovat ymmärrettävästi erittäin hankalia hidasteita tulevaisuuden älykotien käyttöönotossa ja kehityksessä.

5.3 Tulevaisuuden näkymät

Perinteinen kotihoito on alunperin kehitetty välittämään tietoa potilaan terveydentilasta kodin ja hoitoyksikön välillä. Tätä samaa perustoiminnallisuutta pyrkii myös älykodin toteutukset nykypäivänä saavuttamaan. Järjestelmillä voidaan mitata potilaan elintoimintoja, kuten verenpainetta, verensokeria, tai painoa ja välittää tieto hoitoyksikköön. Liikesensoreiden avulla järjestelmällä voidaan seurata potilaan liikkeitä ja muodostaa tämän informaation avulla tiettyjä malleja hänen elämäntavoistaan ja elämäntilanteestaan. Mitattujen elintoimintojen ja määriteltyjen elintapojen avulla kyetään luomaan perustaso, jonka poikkeamat kyetään mittaamaan ja ilmoittamaan esimerkiksi lähiomaisille sekä hoitohenkilökunnalle. Älykodeista tulee täten yksi tärkeä osa kotilähtöistä terveydenhuoltoa, jonka keskiössä toimii sairaalat tai muut hoitoyksiköt (kts. kuva 5). Tällaista perusajatusta on esitetty useissa tutkimuksissa, jota myös Chan ja kumppanit artikkelissaan tukevat [11].

Tällainen tulevaisuuden integroitu järjestelmä tulisi sisältämään:

- Sairaalassa toimivat terveydenhuollon ammattilaiset antavat telekonsultointeja ja virtuaalisia kotikäyntejä potilaille.
- Laitteita ja sovelluksia, jotka kykenevät integroituihin analyyseihin tukien näin hoitohenkilökunnan pyrkimyksiä oikeisiin diagnooseihin ja päätöksentekoon.
- Sairaalassa tapahtuvat hoidot rajoittuvat pelkästään akuuttihoitoon, sekä toimenpiteisiin, joita ei voida suorittaa potilaan kotona.
- Potilaat saavat terveydenhuollon ammattilaisilta kaiken tuen, selviytyäkseen yksin kotona hoidon ajan (leikkausten jälkeinen kuntoutus, syöpähoidot, kroonisten sairauksien hoidot, jne)
- Sairaaloista muodostuu terveystiedon keskittymiä, joihin kaikki potilaiden informaatio kerätään talteen.



Kuva 5.1: Älykoti ja sen tärkeimmät rakenteet. [11]

5.4 Esimerkkejä tutkimuksista ja toteutuksista

Ihmisten tarpeet ovat hyvin yksilölliset, jonka vuoksi myös älykodin toteutukset tulee olla kohdistettu juuri kyseiselle asukkaalle ja hänen vaatimuksilleen. Tutkimuksia älykodin alalla on suoritettu varsin runsaasti ja erilaisia toteutuksia ja lähestymistapoja on nähty maailmanlaajuisesti.

Yksi tämän päivän mielenkiintoisimmista älykoti toteutuksista, jolla on paljon yhtäläisyyksiä myös tämän työn kanssa, on aiemmin mainittu Yhdysvaltain Virginian Yliopiston kehittämä AlarmNet-järjestelmä [45] [44]. Kyseinen järjestelmä on langattomaan sensoriverkkoteknologiaan pohjautuva terveydenhuollon älykoti-järjestelmä, jonka tavoite on tuottaa pitkäaikaista terveyden monitorointia erityisesti kotihoidon ja palveluasumisen tarpeisiin. Järjestelmällä pyritään turvaamaan asiakkaiden ja heidän elinympäristön hyvinvointi ja yksityisyys, keräämällä jatkuvaa tietoa heidän terveydentilastaan, sekä välittämällä tätä tietoa hoitohenkilökunnalle ja muille valtuutetuille tahoille. Tämän tiedonvälityksen mahdollistavan käyttäjärajapinnan kautta hoitohenkilökunta kykenee monitoroimaan asiakkaan terveyttä ja päivittäistä aktiivisuutta, sekä tekemään tarvittavia päätöksiä hoitosuunnitelmia laadittaessa. Alarmnet on arkkitehtuuriltaan monipuolinen ja kattaa sekä nykypäivän, että erityisesti tulevaisuuden terveydenhuollon tarpeet mahdollistamalla erilaisten laitteiden ja sovellusten yhdistämisen ja sovittamisen osaksi kokonaisuutta. Järjestelmä koostuu BAN-verkoista, erilaisiin ympäristöihin ja tarkoituksiin sijoitettuihin langattomiin sensoreihin, käyttäjärajapinnasta, sekä taustalla toimivista tiedon prosessointi-yksiköistä. Yhdessä nämä mainitut komponentit siis keräävät, järjestelivät, muokkaavat ja tallentavat hoitohenkilökunnan tarpeiden mukaista tietoa, sekä antavat kokonaisuudessaan mahdollisuuden hoidon yksilölliseen toteutukseen, asiakkaiden tarpeiden ja terveydentilan näkökulmasta.

Yhdysvalloissa, Floridan yliopistossa on kehitetty Gator Tech älykoti ikäihmisille ja invalideille. Järjestelmän kehitys alkoi vuonna 2005 ja perustuu asuntoon ja ympäristöön asennettuihin sensoreihin, joiden avulla pyritään saavuttamaan mukavuutta ja energian säästöä sekä turvallisuutta. Tavoitteena on myös lisätä asukkaalle aktiivisuutta ja liikuntaa, auttaa muistin kanssa, sekä seurata mahdollisia kaatumisia. Järjestelmään on lisäksi liitetty tiettyjä älykkäitä laitteita ja sovelluksia, kuten älypuhelimet ja älykkäät postilaatikot. Yhtenä sovelluksena on luotu mahdollisuus etäruokailuun oman perheen tai lähimmäisten kanssa. Lisäksi järjestelmän kautta välitetään tiettyjä fysiologisia mittaustuloksia, kuten painoa, pulssia, verenpainetta ja lämpöä. Tämän monipuolisen, ja runsaasti sensortechnologiaa sisältävän

tutkimuksen tavoite on luoda uudenlainen älykoti alusta, joka kykenee muuntautumaan ja kehittymään tulevaisuuden tekniikan ja vaatimusten mukana [22]. Toisia tutkimuksia Pohjois-Amerikasta, jotka ovat saavuttaneet jo toteutusasteen, ovat muun muassa TigerPlace [3] ja EliteCare [2]. Näiden projektien tarkoitus on tuottaa todellisia ikäihmisten palveluasuntoja älykoti-tekniologian avulla. Molemmissa on lähdetty jatkuvan kehityksen ajattelusta ja erilaisia nykypäivän ja tulevaisuuden teknologioita hyödyntäen, pyrkimyksenä pidentää ikäihmisten kotona pärjäämisen aikaa ja parantaa heidän elämänlaatua.

Myös Euroopassa on kehitelty monia älykoti järjestelmiä. Ostravan yliopistossa, Tsekin tasavallassa on kehitetty älyasunto, jossa käytetään hyväksi infrapuna-tekniologiaa tutkittaessa asukkaan vuorokausirytmisiä [1]. HIS projekti Grenoblessa, Ranskassa käyttää myös infrapuna-tekniologiaa yksilön aktiivisuuden seurantaan [40] [33]. Tietoa kerätään myös henkilön painosta, sekä tärkeimmistä elintoiminnoista ja kaikki välitetään tietokoneelle prosessoitavaksi. Järjestelmään on myös lisätty hälytys ominaisuus, mahdollisten vaaratilanteiden sattuessa. Toinen Grenoblessa tehty tutkimus käyttää myös infrapuna-tekniologiaa asukkaan päivittäisten aktiiviteettien seurantaan [32]. Tässä tutkimuksessa mielenkiinto kohdistuu ADL (päivittäisten aktiivisuuksien) seurantaan ja niistä tehtyihin päätelmiin. Asukkaan ADL toimia seurataan ei-tunkeilevilla, infrapuna-sensoreilla ja magneetti- tai liikeseensoreilla. Informaation perusteella luodaan profiili asukkaan normaalista päivittäisestä aktiivisuudesta. Tämän avulla järjestelmä kykenee mittaamaan mahdolliset poikkeamat ADL:ssä ja hälyttämään näistä eteenpäin. Kokonaisuus pyrkii tukemaan kotona asumista ja asukkaan itsenäisyyttä mahdollisimman pitkälle.

Aasiassa tutkimuksia on tehty myös useita vuosia. Japanissa aloitettiin vuonna 1995 WTH (Welfare Techno-Houses) projekti [38], jossa hallituksen toimesta perustettiin 13 älykotia ympäri maata. Näiden yksiköiden tarkoituksena on toimia testialustoina nykypäivän ja tulevaisuuden teknologioille. Älykodeissa on myös päästy tutkimaan asukkaiden näkemyksiä ja kokemuksia, jotka muuten ovat jääneet kovin vähälle huomiolle kyseisellä alalla. WTH projektissa kerätään informaatiota asukkaan terveydestä ja fysiologisista arvoista, sijoittamalla asuntoon erinäisiä sensoreita. Tärkeimmät tulokset projekti on kerännyt EKG-mittauksista, joita on kyetty keräämään muun muassa asukkaan sängystä tai WC-tuolilta, ei-tunkeilevalla menetelmällä. Toinen mielenkiintoinen tutkimus on niin sanottu Ubiquitous Home(Älykoti) -projekti [47], jossa oikeaan asuntoon rakennetun testialustan kautta tutkitaan mahdollisia uusia palveluita ja teknologioita. Asunto on varustettu useilla

eri sensoreilla, joilla seurataan päivittäistä toimintaa. Jokaisessa huoneessa on lisäksi useita kameroita, mikrofoneja, sekä painesensoreita, jotta voidaan saavuttaa täydellinen audiovisuaalinen kartta asukkaan liikkeistä ja toiminnasta. Tästä nouseekin tutkimuksen suurin haaste, miten turvataan asukkaan yksityisyys tällaisen teknologian keskellä. Muita tekniikoita ovat muun muassa infrapunasensorit jokaisessa huoneessa sekä RFID teknologia asukkaiden tunnistamiseen sekä tavaroiden paikantamiseen. Tämän lisäksi tutkimuksessa on käytetty kiihtyvyyss- sekä värinänsensoreita, asukkaiden liikkeiden ja aktiivisuuden tunnistamiseen. Asunnossa on lisäksi lukuisia näyttöruutuja, sekä kaiuttimia, joiden välityksellä asukkaille kyetään tarjoamaan tiettyjä audiovisuaalisia palveluita. Jotkut asunnot ja testit ovat sisältäneet myös niin sanottuja visuaalisia robotteja, joiden tarkoituksena on ollut tutustuttaa asukas paremmin kodin sisältämiin ei-visuaalisiin teknologioihin ja mahdollisuuksiin.

6 CASE Kokkola

Tämän kappaleen tavoitteena on luoda suunnitelma mahdolliselle älykodille Kokkolan kaupungin vanhushpalveluiden käyttöön. Lisäksi case-esimerkki toimii apuna mahdollisen Kokkolassa aloitettavan älykoti-projektin läpiviennissä. Suunnittelussa käytetään hyväksi työn alussa esitettyjä teorioita ja vertaillaan niiden hyödyllisyyttä Kokkolan kaupungin tarpeisiin. Suunniteltavan järjestelmän kohderyhmänä toimii ensisijassa kaupungin tukipalveluasiakkaat ja tärkeimpänä tavoitteena heidän kotona pärjäämisen ja hyvinvoinnin tukeminen. Älykodin avulla haetaan tukea kasvavalle hoidontarpeelle Kokkolan vanhushpalveluissa ja pyritään auttamaan ihmisiä heidän arjessaan. Asiakkaiden hoidon tarpeiden huomioimisella mahdollisimman aikaisessa vaiheessa pyritään lieventämään vaativampien ja kalliimpien palvelumuotojen tarvetta tulevaisuudessa. Vuoden 2013 laskelmien mukaan Kokkolan kaupungissa oli noin 5000 kotona asuvaa vanhushpalveluiden asiakasta, joista reilut 3000 olivat tukipalveluiden piirissä ja loput vaativampien kotihoidon palveluiden piirissä. Yleisimpiä tarpeita tukipalveluasiakkailla olivat kotiateriapalvelut, päivätoimintakerhot, sekä erinäiset kotiin annettavat palvelut, kuten lumenluonti.

6.1 Haastattelut

Tätä suunnitelmaa varten on pidetty kaksi haastattelutilaisuutta, joissa on käyty läpi Kokkolan kaupungin nykytilannetta ja tarpeita vanhushpalveluissa. Haastattelut suoritettiin syksyllä 2013, sekä keväällä 2014 ja niihin osallistui Kokkolan kaupungin vanhustenhuollon palvelujohtaja, tukipalveluiden ja palveluohjauksen palvelupäällikkö, kotihoidon palveluesimies sekä palveluasumisen palveluesimies. Tavoitteena oli kartoittaa Kokkolan kaupungin vanhushpalveluiden haasteet nykypäivänä ja tulevaisuudessa, sekä kerätä haastateltavien mielipiteitä siitä, kuinka langattomilla sensoriverkoilla ja älykodilla voitaisiin tukea kaupungin vanhushpalveluiden tarpeita. Haastattelut pidettiin Kokkolan vanhushpalveluiden toimistotiloissa ja menetelmänä käytettiin avointa keskustelua, koska langattomat sensoriverkot ja älykoti olivat tekniikkana uusi tuttavuus haastatelluille. Avoimen keskustelun avulla oli siten mahdollista ensin pohjustaa kyseistä aihetta ja siihen liittyvän tekniikan tar-

koitusperiä, sekä avoimen vuoropuhelun kautta antaa haastateltaville vastauksia tekniikan mahdollisuuksista ja rajoitteista.

Osallistujille pidettiin molempien tilaisuuksien alussa lyhyt alustuspuhe, jossa käytiin läpi aihepiirin peruskäsitteet, kuten älykoti, sensoriteknologia, tiedonkeruu, tiedon analysointi, sekä loppukäyttäjäsovellus. Tämän jälkeen osallistujat saivat vapaasti osallistua keskusteluun, kysellä ja antaa omia mielipiteitään ja ideoitaan siihen, kuinka kyseisellä teknologialla parhaiten voitaisiin tukea Kokkolan kotihoitoa ja siihen kohdistuvia tulevaisuuden haasteita. Keskusteluissa nousi haastateltavien henkilöiden työnkuvan ja vastuualueiden pohjalta esiin kolme erillistä osakokonaisuutta, tukipalvelutoiminta, ikäihmisten kotihoito, sekä ympärivuorokautinen palveluasuminen. Näitä osakokonaisuuksia peilattiin erillisinä osina ja pyrittiin löytämään mahdollisuuksia, joilla älykoti vastaisi parhaiten kyseisen palvelumuodon tarpeisiin.

Keskustelutilaisuuksien sisältöä on jälkepäin analysoitu ja käytetty runkona seuraavaksi esitettävään CASE-Kokkola kokonaisuuteen. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi Kokkolan kaupungin haasteet ja tarpeet vanhuspalveluissa, vertaillen eri asiakasryhmiä tukipalveluista, kotihoidosta sekä palveluasumisesta, sekä käydään läpi Kokkolan tavoitteita älykodin osalta. Lopussa rajataan esitettävä järjestelmä koskemaan Kokkolan kaupungin tukipalvelutoimintaa ja luodaan suunnitelma tulevaisuuden älykodista Kokkolan tukipalvelutoiminnan asiakkaille, vertaillen haastatteluissa esiin nousseita tarpeita, sekä kappaleissa 4 ja 5 esitettyjä teorioita.

6.2 Kokkolan haasteet

Kokkolan kaupunki on väestön ikääntymisen osalta samassa tilanteessa, kuin Suomi ja koko Eurooppa tällä hetkellä. Koko Suomen tilannetta katsottaessa Kokkolan etuna on odotettu väkiluvun kasvu tulevina vuosina [31]. Tämä positiivinen muutos väkilukuun ei kuitenkaan kasvata Kokkolan työikäisten määrää toivotulla tavalla, vaan huoltosuhde Kokkolassa tulee lähitulevaisuudessa heikkenemään samalla tavalla, kuin muissakin Suomen kunnissa. Pidemmälle tulevaisuuteen katsottaessa Kokkolan etuna on kuitenkin keskiarvoa parempi syntyvyys. Täten nuorista syntyvän työvoiman määrän oletetaan hidastavan huoltosuhteen heikkenemistä ja siten parantavan Kokkolan tilannetta, ainakin muuhun maahan verrattuna (kts. kuva 6.1).

Kokkolan kaupungin vanhuspalveluiden nykypäivän haasteet jaetaan käytyjen

	2011	2020	2030	2040
Halsua	68,2	87,1	101,3	96
Kannus	58,3	75,6	94,7	94,7
Kaustinen	59,7	74,1	82,6	80,8
Kokkola	57,3	70,6	74	72,7
Lestijärvi	62,6	78,3	111,5	110,6
Perho	77,3	100,9	109,4	102,4
Toholampi	66,9	84,2	95,5	92,7
Veteli	62,8	88,5	95,8	91,7
Keski-Pohjanmaan maakunta	59,3	73,9	79,3	77,6
Koko Suomi	52,9	64,4	71,2	71,2

Kuva 6.1: Väestöllisen huoltosuhteen ennuste Keski-Pohjanmaalla 2011-2040. [39]

haastatteluiden perusteella palvelutoiminnoittain kolmeen eri osaan. Tukipalvelu toiminta, jonka asiakaspiiriin kuuluvat kaikki ikäihmiset, jotka asuvat itsenäisesti kotona ja käyttävät kaupungin tarjoamia tukipalveluita. Kotihoito toiminta, jonka asiakaskunta asuu kotona ja käyttää vakituisesti Kokkolan kotihoidon palveluita. Sekä viimeisenä toimintana ympärivuorokautinen palveluasuminen, jonka asiakaskunta asuu vakituisesti Kokkolan palvelutaloissa.

Tukipalvelu toiminnan haasteet Kokkolassa ovat samankaltaisia, kuin valtakunnassa yleensä. Suurimpina näistä ovat ikäihmisten yksinäisyys ja turvattomuus omassa kodissaan, sekä alati kasvavat muisti- ja mielenterveysongelmat. Kokkolan vanhustalujen lähtökohta kyseisen asiakaskunnan palvelemisen osalta on ennakointi. Tukipalvelutoimintaa tullaan tehostamaan kaupungissa runsaasti tulevina vuosina ja samalla pyritään tehostamaan ikäihmisten kotona pärjäämistä. Toiminta konkretisoituu seuraamalla ja tukemalla aktiivisesti ikäihmisten päivittäisiä aktiviteetteja, sekä tarjoamalla monipuolista ja tarkoituksenmukaista tukipalvelutoimintaa. Erityisesti vanhustaluuissa pyritään seuraamaan ikäihmisten vuorokausirytmisiä, sekä ruokailutottumuksia, joiden koetaan olevan tärkeimpiä indikaattoreita ikäihmisten hyvinvoinnista.

Kokkolan kotihoidon kokemat haasteet ovat ensisijaisesti samat, kuin tukipalveluidenkin. Muisti- ja mielenterveysongelmien on havaittu lisääntyneen viime vuosina, johtuen pitkälti jo mainitusta ikäihmisten yksinäisyydestä ja turvattomuudesta. Lisäksi päihdeongelmat ovat kasvaneet viime vuosina kotihoidon kentällä, joka kyseisen työn luonteeseen nähden on uusi ja ikävä piirre. Myös kotihoidon osalta nostettiin tärkeäksi seurannan kohteeksi ikäihmisten päivittäisten aktiviteettien seurannan, erityisesti kiinnostusta herätti unirytmien ja ulkoilun päivittäinen seu-

ranta. Yhtenä selkeänä vaatimuksena järjestelmälle esitettiin omaisten ja asiakkaiden vastuuttaminen omaan hoitoonsa. Järjestelmältä toivotaan yhteyttä ulkomaailmaan, jotta omaiset ja asiakkaat itse voivat nähdä kerätyn informaation ja täten aktivoitua asiakkaan hyvinvoinnin parhaaksi. Lisäksi järjestelmältä toivotaan tukea omaishoidolle ja erityisesti omaishoitajille, joiden arki tänä päivänä on tunnetusti raskasta ja yksinäistä.

Palveluasuminen erottuu selvästi toiminnaltaan kahdesta edellä mainitusta palvelumuodosta. Palvelutalojen asiakkaat ovat Kokkolassa tänä päivänä lähes täysin autettavia. Tarkoittaen, että heidän hyvinvointinsa vaatii ympärivuorokautisen valvonnan ja tuen. Tilanne huomioiden, kyseiselle palvelumuodolle oli keskusteluissa vaikeaa löytää selkeitä hyötyjä älykodin käyttönotolla. Älykodin hyödyntäminen palveluasumisessa ei toimi samalla tavalla, kuin tukipalveluissa tai kotihoidossa. Selkein syy tähän on se, että palveluasumisessa asukkaiden päivittäiset aktiviteetit ovat erittäin rajalliset ja niiltäkin osin lähes täysin hoitohenkilökunnan varassa. Tulevaisuuden haaste palveluasumisessa on täysin sama, kuin muissa mainituissa palvelumuodoissa, sillä silmäpareja vähenee hoitotyöstä ja hoidettavien määrä puolestaan kasvaa. Työnkuvan kannalta seurattaviksi kohteiksi keskusteluissa löydettiin kuitenkin niin sanottujen elintoimintojen seuranta ja tallentaminen. Lähtökohtana tässä olisi, että järjestelmän avulla kyettäisiin mittaamaan automaattisesti esimerkiksi asukkaan verenpaine tai pulssi ja välittämään tämä tieto käytettävissä olevaan potilastietojärjestelmään. Unirytmien seuranta olisi myös tärkeää, mutta tässäkin tilanteessa informaation pitäisi olla hiukan yleistä informaatiota tarkempaa ja sisältää esimerkiksi yksityiskohtaisempaa tietoa unen laadusta.

Kokkolan tarpeista ja nykytilanteesta tehdyn analyysin perusteella voidaan nostaa esille kolme kohtaa, joihin suunniteltavasta järjestelmästä toivotaan apua. Järjestelmän tulisi kyetä seuraamaan asukkaan päivittäistä aktiivisuutta mahdollisimman tarkalla tasolla. Järjestelmän keräämästä informaatiosta tulee kyetä erottelemaan asiakkaan unirytmii ja unen määrä. Lisäksi järjestelmän avulla tulee pyrkiä vastuuttamaan omaisia ja ennen kaikkea asiakkaita itseään hoidon seurantaan ja toteutukseen.

6.3 Kokkolan tarpeet

Kokkolan kaupungin edustajien kanssa käytyjen haastattelujen pohjalta laadittiin suunnitelma siitä, mihin tulevan älykodin tulisi vastata, jotta se parhaiten tukisi

kaupungin tarpeita nyt ja tulevaisuudessa. Ensisijainen tavoite kaikilla palvelumuodoilla oli hoitajien tukeminen kasvavan työmäärän keskellä. Tulevaisuuden vanhustalvetuissa hoidettavien määrä uhkaa kasvaa runsaasti, samalla kun työikäisten määrä pienenee. Tähän toivotaan teknologialta apua, jotta nykypäivän hoitotason säilyttäminen olisi mahdollista myös tulevaisuuden ikäihmisille. Yksi suurimmista toimista yllä mainitun tavoitteen saavuttamiseksi on tukea ikäihmisten kotona pärjäämistä muun muassa seuraamalla heidän päivittäisiä toimiaan ja puuttamalla ajoissa mahdollisiin muutoksiin. Kaiken tämän lisäksi haastatteluissa nousi tärkeänä esiin omaisten ja itse asiakkaiden vastuuttaminen oman hoitonsa seurantaan ja toteutukseen.

Kokkolan kaupungin tukipalveluiden toiveena on, että älykotien tuottama informaatio antaisi selkeitä viittauksia palveluntarjoajalle siitä, mitä tukimuotoja kaupungissa tarvitaan ja mihin tulisi keskittää voimavaroja. Samalla kerätty informaatio tukisi myös asukkaan hoitosuunnitelmien laadintaa ja auttaisi kohdistamaan palveluita oikein. Tarve on siis kotona asuvien tukipalveluasiakkaiden vuorokausirytmien ja päivittäisen aktiivisuuden seuranta, sekä kerätyn informaation analysointi. Yksittäisenä tarpeena haastatteluissa mainittiin ruokailutottumusten seuranta, jos ei laadullisesti, niin ainakin määrällisesti. Kaiken lähtökohtana näille tavoitteille on ennakointi ja sitä kautta edesauttaa tukipalveluasiakkaiden itsenäistä elämää.

Kokkolan kotihoidon tarpeet nojautuvat pitkälti hoitohenkilökunnan jaksamiseen ja hoitajien riittävyyteen tulevaisuudessa. Älykodin toivotaan kykenevän seuraamaan asiakkaiden päivittäistä aktiivisuutta siinä määrin, että kotikäyntejä voidaan kohdistaa paremmin ja samalla tehostaa niiden sisältöä. Tiettyjen asiakkaiden hyvinvointiin ja terveyteen liittyvien havaintojen kerääminen sensoriverkoilla edesauttaa hoitajien ajankäytön tehokkaampaa kohdentamista ja tehostaa näin koko hoitotyötä. Erityisesti tarpeena nousi esiin muistisairaiden tukeminen, sekä uusien muistisairauksien havaitseminen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tämän lisäksi älykodin toivotaan auttavan leikkauksista tai sairaskohtauksista toipuvia asiakkaita, tukemalla ja seuraamalla heidän pärjäämistään kotona. Kotihoidossa ennakkoinnilla ja aikaisella puuttumisella on tärkeä merkitys tavoiteltaessa terveyden ja hyvinvoinnin tasapainoa monisairaiden ikäihmisten keskuudessa. Tästä syystä ennakkoinnin tehostaminen sensoriverkkojen avulla on tärkeä ja tavoiteltava ominaisuus. Lisäksi omaisten ja läheisten vastuuttamista hoidon seurantaan ja itse hoitotyöhön pidetään tärkeänä. Yksityiskohtana Kokkolan tavoitteissa mainittiin omaishoitajat ja heidän tukeminen yleisesti tiedostettujen haasteiden edessä.

Palveluasumisen tarpeet olivat suurelta osin erilaiset, kuin tukipalvelutoiminnan ja kotihoidon. Suurimmaksi tarpeeksi haastatteluissa nousi esiin niin sanottujen vitaaliarvojen mittaaminen. Älykodin tulisi siis kyetä automaattisesti mittaamaan asukkaan vitaaliarvoja, kuten verenpainetta, pulssia tai lämpöä, sekä tallentamaan nämä arvot suoraan kaupungin käytössä olevaan potilastietojärjestelmään. Lisäksi tavoitteena oli seurata asukkaiden unirytmää ja ennen kaikkea unen laatua. Kokonaisuudessaan haastatteluiden anti palveluasumisen tarpeista olivat maltilliset, sillä kuten aiemmin on tullut mainittua, haastatteluihin osallistuneiden henkilöiden oli vaikeaa nähdä järjestelmän kykenevän tukemaan kyseistä palvelumuotoa.

Lopputuloksena haastatteluiden anti Kokkolan kaupungin haasteista ja tarpeista oli varsin kattava ja antoi hyvän pohjan järjestelmän kuvaukselle. Kuvassa 6.2 on esitetty haastatteluiden pohjalta kootusti tärkeimmät esiin nousseet haasteet ja tarpeet. Kolmesta esiin nousseesta palvelumuodosta, palveluasumisen tarpeet älykodin osalta nähtiin harmittavan vähäisiksi, haastattelijan antamasta tuesta ja informaatiosta huolimatta. Kotihoidon ja tukipalvelutoiminnan haasteet ja tarpeet nousivat esiin hyvin samankaltaisina, ja molempien osalta odotukset älykodin antamasta tuesta hoitotyölle koettiin erittäin suurina. Kysyttäessä ensisijaista palvelumuotoa, johon kaupunki toivoisi tukea suunniteltavalta älykodilta, haastateltavat mainitsivat yksimielisesti tukipalvelutoiminnan. Tukipalveluiden piirissä olevien asiakkaiden lukumäärä on suuri ja pelko näiden asiakkaiden siirtymisestä kotihoidon, tai palveluasumisen palveluiden piiriin sen mukainen. Palveluasuminen ja kotihoito Kokkolassa eivät nykymuodossaan kykene vastaamaan niin suuren asiakasmäärän kasvuun, mikä tukipalvelutoiminnassa tällä hetkellä uhkaa. Täten tämän asiakasryhmän aktiivisempi seuraaminen ja siitä saavutettava ennakoinnin mahdollisuus helpottavat kaupungin päättäjiä sijoittamaan voimavaroja oikeisiin kohteisiin. Seuraavassa kappaleessa esitetään Kokkolan kaupungin haasteiden ja tarpeiden, sekä alussa esitetyn teorian pohjalta yhden mahdollisen älykotijärjestelmän kuvaus. Edellä mainituista syistä johtuen, järjestelmä ja sen kuvaus on rajattu koskemaan Kokkolan kaupungin tukipalvelutoimintaa.

6.4 Järjestelmän yleiskuvaus ja arkkitehtuuri

Kuvattava järjestelmä on monipuolinen ja kattava, langattomaan sensoriverkkoteknologiaan perustuva älykotiratkaisu, joka tukee Kokkolan kaupungin tukipalvelutoiminnan tarpeita. Järjestelmän tavoitteena on vastata luvussa 5.1 mainittuihin äly-

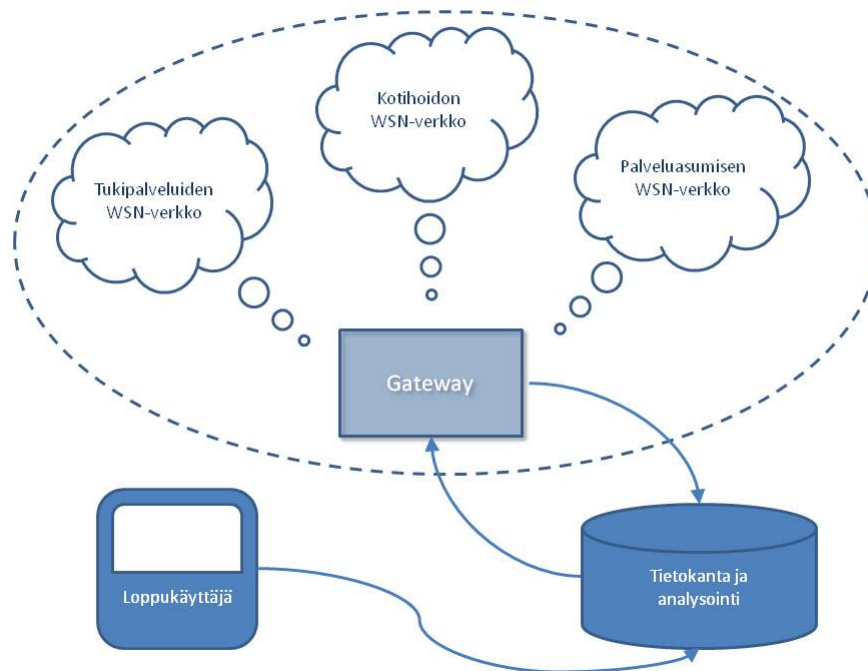
	Haasteet	Tarpeet
Tukipalvelut	<ul style="list-style-type: none"> - Suuri asiakasmäärä - Ennakointi - Yksinäisyys ja turvattomuus - Muisti- ja mielenterveysongelmat 	<ul style="list-style-type: none"> - Vuorokausirytmien/ päivittäisen aktiivisuuden seuranta - Kotona pärjäämisen tukeminen - Ennakoinnin edesauttaminen
Kotihoito	<ul style="list-style-type: none"> - Muisti- ja mielenterveysongelmat - Päihdeongelmat - Unirytmi ja päivittäinen aktiivisuus - Omaisten ja asiakkaiden <u>vastuuttaminen</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - Henkilökunnan riittävyys ja jaksaminen - Päivittäisen aktiivisuuden seuranta - Muistisairaiden ja leikkauspotilaiden seuranta - Asiakkaan ja omaisten <u>vastuuttaminen hoitotyöhön</u>
Palveluasuminen	<ul style="list-style-type: none"> - Vitaalitoimintojen seuranta ja tallentaminen potilastietojärjestelmään - Unirytmi 	<ul style="list-style-type: none"> - Vitaaliarvojen mittaus - Unirytmien ja unen laadun seuranta

Kuva 6.2: Kokkolan kaupungin vanhuspalveluiden tärkeimmät haasteet ja tarpeet.

kodin hyötyihin, erityisesti ympärivuorokautisen seurannan ja sitä kautta saavutettavan ennakkoinnin muodossa. Järjestelmän suunnittelussa on myös huomioitu luvussa 5.2 mainitut älykodin haasteet, kustannusten, tietoturvan ja käytettävyyden osalta, kuten seuraavissa kappaleissa selkeästi tulee esille. Järjestelmän tärkeänä teknologisenä ominaisuutena on sen kyky mahdollistaa eri teknologioiden yhdistäminen osaksi kokonaisuutta ja siten mahdollistaa järjestelmän laajennettavuus tarpeen mukaan. Järjestelmän pääkomponentteihin kuuluvat sensorinoodit, yhdyskäytävä (gateway), loppukäyttäjäsovellus, tietokanta, sekä tiedon tallennuksesta, analysoinnista ja päätöksenteosta vastaava sovellus.

Vaikkakin järjestelmän kuvaus on tässä luvussa rajattu vastaamaan Kokkolan kaupungin tukipalveluiden tarpeita, on sen perusrakenne gatewayn, tietokannan ja käyttäjärajapinnan osalta suunniteltu siten, että järjestelmä on helposti laajennettavissa myös muille palvelumuodoille. Kuvassa 6.3 on kuvattu järjestelmän yleinen arkkitehtuuri ja kyseinen mahdollisuus laajentaa järjestelmää myös kotihoidon tai palveluasumisen tarpeille. Kuvassa tukipalveluiden, kotihoidon ja palveluasumisen sensoriverkot ovat esitetty erillisinä kokonaisuuksina, joiden on mahdollista liittyä järjestelmän yhteiseen gateway-ratkaisuun ja sitä kautta palvelimeen. Myös käyttäjärajapinnan kautta käytettävä loppukäyttäjäsovellus on tässä yhteinen, mutta lopullisen sovelluksen sisältö riippuu tietenkin järjestelmän käyttökohteesta ja tarpeista.

Tukipalveluasiakkaiden tarpeet ovat yksilöllisiä ja kodit, joihin järjestelmä tullaan asentamaan, ovat hyvin monimuotoisia. Tästä syystä järjestelmän laajennettavuus ja eri teknologioiden liittäminen osaksi kokonaisuutta, ovat tärkeitä omi-



Kuva 6.3: Järjestelmän arkkitehtuuri.

naisuuksia järjestelmän toteutuksessa. Järjestelmään valittavat sensorit tulee miettiä tarkkaan ja päätökset tulee tehdä erityisesti yksilö ja hänen tarpeet huomioiden. Valittujen sensoreiden lisäys ja poistaminen järjestelmästä tulee olla toteutettavissa riittävän yksinkertaisesti ja automaattisesti, jotta järjestelmää voidaan hyväksikäyttää kaikenlaisissa kodeissa ja kaikenlaisiin tarpeisiin. Sensorien keräämä ja prosessoima tieto välitetään langattoman verkon välityksellä asunnossa sijaitsevalle gatewaylle. Tämän yksikön pääasiallinen tarkoitus on jäsenellä tietoja, lisätä sille tarvittavat otsikkotiedot, sekä toimia yhdyskäytävänä langattoman sensoriverkon ja valitun WAN-verkon välillä. Yleinen WAN-verkkoratkaisu voidaan valita useasta eri vaihtoehdosta, kuten matkapuhelinverkko, lankapuhelinverkko, tai Internet. Järjestelmän pääasiallinen tietokanta sijaitsee mahdollisesti ulkopuolisella palvelimella tai pilvipalvelussa ja se vastaa kaikesta datan pitkäaikaisesta tallennuksesta ja lopullisesta analysoinnista. Loppukäyttäjän sovellus huolehtii tiedon syvällisemmästä prosessoinnista, tiedon yhdistelystä, hälytysten generoinnista, sekä muusta järjestelmässä tarvittavasta toiminnasta. Sovellus toimii myös rajapintana loppukäyttäjien, kuten hoitohenkilökunnan, omaisten ja asiakkaan, suuntaan ja tarjoaa mahdollisuuden informaation välittämiseen, niin reaaliajassa, kuin takautuvasti ta-

pahtuvassa tiedon tulkinassa. Rajapinnan kautta on myös mahdollista hallita järjestelmän määrittämiä ja asetuksia, kuten käyttäjähallintaa, hälytysten hallintaa, sekä yleisen verkon valintaa.

Järjestelmän tiedonkeruu perustuu langattoman viestinnän kautta keskusteltavaan PAN-sensoriverkkoon (esitetty luvussa 4.2.2), jossa itse sensorit mittaavat haluttuja fysiologisia ja ympäristön arvoja, niin sanotusti passiiviseen, ei-tunkeilevaan tapaan. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki järjestelmän sensorit ovat sijoitettuna asiakkaan asuntoon ja ympäristöön, mahdollisimman huomaamattomasti ja sensoreita ei sijoiteta suoraan asiakkaan kehoon. Tukipalveluiden tarpeiden, erityisesti päivittäisen aktiivisuuden seurannan ja ennakkoinnin kannalta, tärkeimpiä mitattavia asioita ovat liike- ja paineanturien kautta kerättävä sijaintitieto, sekä yleiset asunnon ympäristömuuttujat, kuten valo, lämpö ja hiilidioksiarvot. Näillä kaikilla tiedoilla pyritään selvittämään mahdollisimman tarkasti asiakkaan päivittäisen aktiivisuuden tila, jota hoitohenkilökunta hyödyntää omassa työssään. Tässä vaiheessa järjestelmän toteutuksesta rajataan pois kaikki ääneen ja visuaalisuuteen liittyvät mittaukset. Tällä tavalla saavutetaan parempi luottamus asiakkaaseen ja suljetaan pois suurin osa kappaleissa 3 ja 4 mainitut, terveydenhuollon sensoriverkkojärjestelmien yleiseen turvallisuuteen ja yksityisyyden loukkaukseen liittyvät seikat.

Sensoriverkon keräämä tieto tallentuu palvelimelle pitkäaikaissäilytykseen, sekä tarkempaa analysointia varten. Järjestelmän ja kohteen tarpeista riippuen, loppukäyttäjäsovelluksessa on mahdollista asettaa erilaisia suodattimia ja raja-arvoja mitatulle tiedolle, jonka perusteella hoitohenkilökunta, omaiset tai asiakas itse saavat tarkoituksenmukaista informaatiota asiakkaan hyvinvoinnista ja terveydentilasta. Analysointiyksikkö käy läpi kaiken tiedon ja vertaa sitä mainittuihin suodattimiin ja asetettuihin raja-arvoihin. Kerätystä historiatiedosta luodaan järjestelmään asiakaskohtainen malli hänen päivittäisestä aktiivisuudestaan, jota vastaan tulevaa tietoa verrataan ja täten löydetään mahdolliset poikkeavuudet. Analysointiyksikkö havaitsee mahdolliset raja-arvojen ylitykset sekä eroavaisuudet historiatietoihin ja kykenee niiden kautta generoimaan hälytyksiä tai muistutuksia loppukäyttäjäsovellukseen. Tieto esitetään loppukäyttäjäsovelluksen kautta selkeässä ja ymmärrettävässä muodossa, jolloin muun muassa hoitohenkilökunnan on helppo seurata tuotettua tietoa ja löytää erityisesti hoitoa ja hoidon suunnittelua tukevat tiedot nopeasti ja tehokkaasti.

6.4.1 Gateway ja Sensoriverkko

Gateway yhdistää sensoriverkon luvussa 4.2.3 esitetyllä tavalla sensoriverkon yleiseen IP-verkkoon. Gateway-alustaksi sopii suuri valikoima erilaisia ratkaisuja, aina yksinkertaisesta sensorinoodista, kannettavaan tietokoneeseen tai serveriratkaisuun saakka. Tässä suunnitelmassa käytetään esimerkkinä gateway-ratkaisuksi Crossbown Stargate alustaa (kuvassa 6.4), joka on kehitetty erityisesti langattomille sensoriverkoille. Kyseisen alustan valintaa voidaan perustella sen laajalla käytöllä myös muissa älykoti tutkimuksissa, kuten esimerkiksi aiemmin mainitussa AlarmNet-järjestelmässä [45]. Stargate alustan suuresta resurssista johtuen siihen on mahdollista sisällyttää suurin osa järjestelmässä käsiteltävästä yksityisyyden ja turvallisuuden varmistamisesta, energianhallinnasta, sekä tietojen välittämisestä.



Kuva 6.4: Stargate-prosessori alusta, Crossbow technology inc.

Järjestelmässä käytettävät sensorinoodit ovat niin sanottuja ei-tunkeilevia, eli niiden sijoittelu ympäristöön tulee olla tarkkaan mietittyä ja mahdollisimman huomaamatonta. Mikään sensori ei saa suoranaisesti koskettaa asiakasta, tai häiritä hänen päivittäisiä toimiaan. Lopullinen sensoreiden ja mittausten kokoonpano tulee päättää asukkaan päivittäisten aktiviteettien seurannan ja tarpeiden pohjalta.

Tärkeimmät sensorit järjestelmässä ovat liikesensorit, kuten infrapuna-, ultraääni- tai mikroaaltotunnistimet, joiden avulla seurataan asiakkaan päivittäistä liikettä asunnossa, sekä asunnosta poistumista. Liikesensoreista kerättävän tiedon myötä kyetään paikantamaan asiakkaan liikkuminen asunnossa, sekä määrittelemään hänen päivittäinen aktiviteetti. Liikkumattomuus oikeina kellonaikoina kertoo asiakkaan nukkumisesta ja päinvastoin samojen aikojen aktiivinen liike kertoo asiakkaan huonosta unirytmistä tai univaikeuksista.

Painesensoreita käytetään liikesensoreiden tapaan mittaamaan asiakkaan liikettä ja sijaintia asunnossa. Painesensoreilla saadaan haluttaessa kuitenkin liikesensoreita tarkempaa tietoa siitä, missä tarkalleen asiakas on istunut tai maannut vuoro-

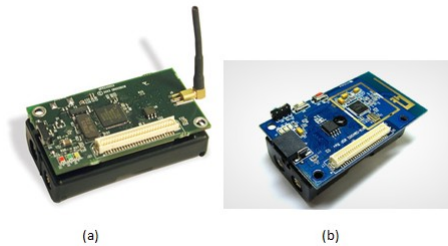
kauden aikana. Esimerkiksi painesensoreita voidaan asentaa WC-tuoliin, sänkyyn, keittiön tuoliin tai olohuoneen sohvaan ja saada mittaustuloksena selville missä asukas on viettänyt aikaa ja kuinka paljon. Painesensoreiden avulla on myös mahdollista mitata tietyllä perustasoilla asukkaan hengitysfrekvenssiä sekä pulssia, jonka avulla voidaan päätellä jotain hänen sen hetkisestä terveydentilasta tai vaikkapa yleisestä unen laadusta.

Magneettiliuskoja tai vastaavia sensoreita voidaan käyttää ulko-ovien ja kaapinovieiden seurantaan, selvittämään onko ovi milloinkin ollut auki tai kiinni. Sähkölaitteiden mittaamiseen käytetään sensoreita, jotka mittaavat kulkeeko kyseiselle sähkölaitteelle milloinkin virtaa vai ei. Samanlainen toimintatapa toimii myös vedenvirtauksen mittaamiseen, jotta voidaan selvittää onko asukas käyttänyt milloinkin suihkua ja muita vesihanoja, tai vaikkapa huuhdellut vessanpöntön.

Yleistä asunnossa vallitsevaa tilaa, kuten valoa, lämpöä tai kosteutta, kyetään mittaamaan niitä vastaavilla sensoreilla. Näiden sensoreiden keräämillä tiedoilla kyetään tukemaan sensoriverkon muiden mittausten informaatiota ja saamaan siten kokonaisvaltaisempi kuva kyseisestä tilanteesta. Esimerkkinä vaaratilanne, jossa valosensori kertoo asunnossa olevan pimeää, mutta infrapunasensori kertoo siellä tapahtuvan paljon liikettä. Tällöin on suuri riski siihen, että asiakas kaatuu tai muuten satuttaa itseään huonon näkyvyyden seurauksena. Toinen esimerkki, jossa kosteusensori ilmoittaa kohonneista arvoista, suihkuanturi ilmoittaa veden virtauksesta ja paineanturi ilmoittaa asukkaan olevan sängyssä. Tällöin on oletettavissa, että suihku on jäänyt asukkaalta vahingossa päälle.

Vaadittavien arvojen mittaamiseen tarvittavat sensorinoodit asennetaan aina mahdollisimman huomaamattomaan paikkaan, kuten katon rajaan tai kiinteisiin kalusteisiin piiloon. Kyseisessä suunniteltavassa järjestelmässä käytetään esimerkiksi MicaZ ja Telos Sky noodeja (kts. kuva 6.5), joiden valintaa voidaan perustella edellä mainitun gatewayn tapaan niiden käytöllä muissakin älykoti tutkimuksissa, kuten esimerkiksi AlarmNet-järjestelmässä [45]. Noodit ovat luvun 3.2 määritelmän mukaisesti virrankulutukseltaan tehokkaita, kooltaan pieniä ja hinnaltaan edullisia, ja tämän vuoksi soveltuvat hyvin suunnitelmassa esitettyihin tarpeisiin. Tiettyjen sensorinoodien, kuten hellan sähköpistokkeen sensorin, on mahdollista ottaa virta suoraan kiinteästä sähköverkosta, mutta kyseisessä suunnitelmassa ei tällaista mahdollisuutta käytetä. Kaikkien sensorinoodien virranlähteenä toimii paristo, jonka johdosta niiden sijoittelu ja siirtely on helppoa ja huomaamatonta. Lisäksi sensorinoodien lisääminen tai poistaminen järjestelmästä on kyseisen valinnan johdosta

helpompaa. Suunnittelussa ja mahdollisessa toteutuksessa tulee kuitenkin huomioida luvussa 3.3 esitetyt haasteet, erityisesti noodien ylläpidon ja huollon kannalta.



Kuva 6.5: Järjestelmässä käytettävät a) MicaZ noodi, sekä b) Tmote Sky noodi.

Sensoreiden ja gatewayn välinen tiedonvälitys hoituu RF protokollien avulla. Sensorinooodeissa ja gatewayssa on asennettuna kaksisuuntaisen viestinnän mahdollistava radio. Mahdollisia radioteknologioita ovat esimerkiksi IEEE 802.11 standardin mukaiset Wi-Fi tai Bluetooth, sekä 802.15.4 standardin mukainen ZigBee.

6.4.2 Tiedon tallennus ja loppukäyttäjäsovellus

Kaikki älykodista kerätty informaatio kulkee gatewayn kautta palvelimelle, tallennettavaksi tietokantaan pidempiaikaista säilytystä varten. Tietokannan lisäksi palvelimella sijaitsee myös tiedon analysoinnista ja päätöksenteosta vastaava yksikkö, sekä rajapinta loppukäyttäjäsovellukselle, jonka kautta lääkärit, hoitajat, asukkaat ja omaiset saavat tarvittavaa informaatiota asukkaan ympäristöstä tehdyistä mittauksista ja niiden analyysistä. Loppukäyttäjäsovellus on toteutettu kuten luvussa 4.2.4 esitetään, graafisena käyttöliittymänä ja se sisältää tarvittavan sensori-informaation lisäksi, datan prosessointi osion, sekä rajapinnan järjestelmän hallintaa varten.

Välitetty tieto gatewaylta tietokantaan on reaaliaikaista, jolloin sovelluksen on mahdollista tehdä ilmoituksia ja hälytyksiä sensoreiden mittaamista epänormaaleista arvoista. Informaatiota on mahdollista analysoida myös takautuvasti, esimerkiksi vertailua tai historiatietoa esitettäessä.

Tietokanta sisältää myös ennalta määriteltäviä profiileja asiakkaan päivittäisistä aktiviteeteista. Nämä profiilit, kuten nukkua, tehdä ruokaa, peseytyä, käydä vessassa, määritellään loppukäyttäjäsovelluksessa, tiettyjen sensorimittausten tapahtumaketjuista. Loppukäyttäjäsovellus vertailee ja analysoi tallennettuja sensorimittauksia ja pyrkii älykkäiden algoritmien avulla selvittämään parhaan mahdollisen

profiilin kullekin sensorimittausten tapahtumaketjulle. Näiden profiilien, sekä sensorien mittaamien muutosten avulla, päätöksenteko yksikkö kykenee päättelemään asiakkaan terveydentilan tai esimerkiksi muistisairauden etenemisvauhdin. Tallennettujen profiilien avulla järjestelmä kykenee tekemään ennustuksia tulevasta, vertailemalla profiiliin tallennettua sensoridataa reaaliaikaiseen dataan ja tätä kautta päättelemään kohdehenkilön tulevan toiminnan. Mikäli toiminta poikkeaa ennustuksesta, järjestelmällä on mahdollisuus luoda tilanteesta niin sanotun virheilmoituksen ja mahdollisesti viestittämään tästä eteenpäin asiakkaalle, omaisille tai hoitohenkilökunnalle. Näin ollen päätöksenteon yksiköllä on mahdollista luoda nykytilan arvioita ja ennusteita tulevasta, tehdä pitkäaikaisvertailuja muun muassa muistisairauksien seurannassa, sekä seurata reaaliajassa kohdehenkilön päivittäisiä toimia ja mahdollisuuksien mukaan hälyttää epäkohdista.

Kaikki informaatio, joka on käynyt läpi analysoinnin, päättyy palvelurajapinnan kautta loppukäyttäjäsovelluksen graafiseen käyttöliittymään. Informaation lisäksi käyttöliittymässä näkyy myös päätöksenteon yksikön tekemät päätelmät, arviot, ilmoitukset ja ennusteet. Palvelun kautta on mahdollista päivittää ja korjata tiettyjä taustatietoja ja mittausten raja-arvoja, jolloin on mahdollista saavuttaa tarkka ja skaalautuva mittausympäristö asiakkaan kodista ja elintavoista. Käyttöliittymän kohderyhmänä toimii asiakas itse, hoitohenkilökunta, sekä asiakkaan nimeämät muut käyttäjät, kuten omaiset ja muut läheiset henkilöt. Käyttöliittymä jaetaan kohderyhmälle Internetpalveluna ja siihen kirjaudutaan esimerkiksi verkkopankkitunnistautumisen tai mobiilivarmenteen kautta, jolloin voidaan taata riittävä tietoturva asiakkaan henkilökohtaisille tiedoille. Käyttöoikeuksien luovuttaminen palveluun on täysin asiakkaan hallinnassa, jolloin hän voi itse määritellä, ketkä hoitotahot, omaiset tai läheiset saavat käyttöoikeuden hänen tietoihinsa.

Käyttöliittymälle tulee luoda numeerisen datan lisäksi myös valmiiksi analysoidua, kuvallista ja kirjoitettua tietoa. Nämä numeerisesta informaatiosta luodut kaaviot sekä päätöksenteon yksiköltä tulevat lauseet ja määritelmät auttavat asiakasta ja omaisia paremmin ymmärtämään mitatun tiedon tarkoituksen. Samalla varmistetaan heidän mahdollisuus vaikuttaa hoitoon ja asiakkaan terveydentilaan. Hoitohenkilökunta puolestaan saa käyttöönsä lukuisan määrän muita peruseräraportteja, joiden avulla heidän on mahdollista kehittää annettua kotihoitoa, parantaa hoito- ja palvelusuunnitelmien sisältöä, sekä edesauttaa asiakkaiden itsenäistä kotona asumista. Järjestelmään on mahdollista valita sellaisia sensoreita ja mittauskohteita, jotka vaativat normaalia nopeamman reagoinnin mahdollisten muutosten kohdal-

la. Täten hoitoyksikön on kyettävä helposti määrittelemään tietyt hälytysten rajat ja niistä luotavat poikkeamailmoitukset, joiden perusteella hoitohenkilökunta, omaiset tai asiakas itse kykenee reagoimaan tilanteeseen sopivalla tavalla. Tämän lisäksi järjestelmässä tulee kyetä määrittämään ne tavat ja kanavat, joiden kautta mahdolliset hälytykset ja poikkeamailmoitukset välitetään halutulle kohderyhmille.

6.5 Rajattu ensivaiheen toteutus

Samanaikaisesti ja yhteistyössä tämän työn kanssa on tehty toinenkin Pro Gradu tutkielma, jossa Antti Haukipuro tutki ikäihmisen kotona asumisen tukemista sensoriverkkojen avulla [7]. Haukipuron tutkielma ja sen tuottama toteutusta toimii tässä työssä esitetyn suunnitelman rajattuna ensivaiheen toteutuksena. Työssään Haukipuro esittää case-tapauksen Kokkolan kotihoidosta, jossa seurattiin liikesensoreiden avulla yhden ikäihmisen aktiivisuutta hänen asunnossaan kesäkuukausien ajan vuonna 2014. Työssä käytettiin infrapunaliiketunnistinantureita seurattaessa asukkaan aktiivisuutta hänen asunnossaan. Liiketunnistimien keräämä informaatio välitettiin gatewayn kautta ulkoiselle keskuspalvelimelle, jossa tietoa kyetään tarvittaessa analysoimaan ja haluttaessa myös raportoimaan tarvittaville tahoille. Seuraavassa esitän muutamia kyseisen esimerkkijärjestelmän mahdollisia hyötyjä ja näkökulmia sen käytettävyydelle.

6.6 Esimerkki tapauksia

Yhtenä esimerkkinä tässä työssä esitetyn älykotijärjestelmän mahdollisista käyttökohteista mainittakoon pitkäaikaissairaiden kotona tapahtuva hoito, jossa ennakoiva ja kokonaisvaltainen hoito vaatii mahdollisimman kattavan seurantatiedon asiakkaan toimista. Tähän vaatimukseen yllä mainittu aktiivisuudenseurantajärjestelmä tuo selkeän vastauksen ja antaa hoitohenkilökunnalle mahdollisuuden päästä käsiksi ympärivuorokautiseen informaatioon asiakkaan liikkeistä. Järjestelmä auttaa vertailemaan asiakkaan eri ajanjaksojen aktiivisuutta ja tekemään päätelmiä hänen nykytilastaan. Kaikki informaatio muun muassa ulkoilusta, liikkumisesta, sekä WC-käynneistä auttavat asiakasta ja hoitohenkilökuntaa laatimaan yhdessä hoitosuunnitelman, jolla suunnataan voimavarat tavoitteellisesti asiakkaan kotona pärjäämisen tukemiseen. Samoja tietoja voidaan hyväksikäyttää myös muissa palvelumuodoissa, kuten lääkärikäynneillä, sosiaalipalveluissa tai vaikkapa fysioterapiakäyn-

neillä. Tämän kaltaisissa järjestelmissä on kuitenkin oltava tarkkana, suunniteltaessa ja päätettäessä seurattavien aktiivisuuksien sisällöstä ja käytettävistä sensoreista, kuten luvussa 4.3.1 mainitaan.

Toisena esimerkkinä järjestelmän hyödyllisistä käyttökohteista mainittakoon kotona tapahtuvat, leikkausten jälkeiset kuntoutukset. Hoitotyössä kuntoutus pyritään aloittamaan aina heti leikkauksen jälkeen, jotta välttyttäisiin raskailta sairaalajaksoilta ja suurilta kustannuksilta. Lisäksi kuntoutuksen tarkoitus on palauttaa asiakkaan elämisen taso mahdollisimman hyväksi, noudattamalla lääkärin antamia hoito-ohjeita. Hoito-ohjeiden noudattaminen ammattilaisten avulla on selkeän johdonmukaista, mutta ongelmat nousevat esiin, kun asiakas jää yksin hoitojen välissä. Edellä esitetyn aktiivisuudenseurantajärjestelmän avulla on mahdollista tukea paremmin, muun muassa ikäihmisen lonkkaleikkauksen jälkeistä kuntoutusta. Kun seuranta voidaan tehdä ympäri vuorokauden, hoitohenkilökunnalla on parempi näkemys asiakkaan liikunnan ja yleisen aktiivisuuden määrästä. Lisäksi järjestelmä antaa yleiskuvan asiakkaan todellisesta päivittäisrytmistä, jonka avulla kyetään tekemään syvällisempiä hoitosuunnitelmia ja päätöksiä, niin kuntoutuksesta, kuin asiakkaan kokonaisvaltaisesta hoidosta.

6.7 Järjestelmän jatkokehitys

Tämän kappaleen tarkoituksena on antaa muutama esimerkki esityn järjestelmän jatkokehitysmahdollisuuksista. Kaiken pohjana jatkokehityksessä tulee olla, kuten luvussa 5.3 ja kuvassa 5.1 esitetään, laajasti integroitu kokonaisvaltainen älykoti-järjestelmä, jossa yhdistyy niin terveydenhuollon ammattilaisten, kuin omaisten ja asiakkaiden tietämys, hyväksikäyttäen älykkäitä terveydenhuollon laitteita, sekä potilastietojärjestelmiä.

Koko järjestelmän tarkoitus on ylläpitää ikäihmisten hyvinvointia. Paremman elämänlaadun ja ennakoivan hoidon avulla edesautetaan ikäihmisten pärjäämistä kotona ja siten lievennetään vanhuspalveluita uhkaavaa hoitotaakkaa. Älykoduista saatavan informaation avulla tarjottavia palveluita voidaan kohdistaa oikein ja ikäihmiset löytävät sellaisen avun jota oikeasti tarvitsevat. Järjestelmästä on myös hyötyä pitkäaikaissairauksien ja niiden etenemisen seurantaan. Lisäksi järjestelmällä voidaan auttaa leikkauksista tai sairauksista toipuvia ikäihmisiä seuraamalla vaa-dittuja arvoja ja kohdistamalla resurssit oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan.

Järjestelmän hyötyjä voidaan kasvattaa erityisesti vastuuttamalla asiakasta ja hä-

nen läheisiään osallistumaan enemmän asiakkaan hoidon toteutukseen ja hoitosuunnitelmien tekemiseen. Tämä onnistuu parhaiten tietynlaisen sähköisen omahoitojärjestelmän avulla. Omahoidon kautta asiakkaalla ja omaisilla on mahdollisuus osallistua kotoa käsin asiakkaan hoitosuunnitelman laadintaan, nähdä siihen kirjatut tavoitteet ja seurata näiden tavoitteiden saavuttamista. Tämä vuorovaikutteisuus mahdollistaa sen, että suunnitelma on mahdollisimman monipuolinen ja ajantasainen. Järjestelmän kaikki ohjeet ovat selkeitä ja niitä tukee lukuisat visuaaliset kuvaohjeet, sekä videot. Asiakas voi osallistua omahoitojärjestelmän kautta joko virtuaalisiin kuntoutusryhmiin, fysioterapeutin etävastaanottoihin tai muihin ammattilaisen verbaalista tukea tarjoaviin hoitomuotoihin. Asiakas saa järjestelmän kautta jatkuvaa palautetta, niin omasta toiminnastaan, kuin koko hoidon etenemisestä. Asiakas saa tarvittaessa nopeasti yhteyden ammattilaisiin järjestelmän verkoneuvonnan tai chat-palvelun kautta. Asiakas joko kirjaa sähköiselle palautelomakkeelle tai kertoo videopuhelun avulla ammattilaiselle yhteydenoton syyn ja mahdolliset oireensa, esimerkiksi kuume ja haavan punoitus. Tämän lisäksi ammattilainen saa lukuisan määrän validia lisätietoa älykodin sensoreiden ja mittauslaitteiden tuloksista, joiden avulla hän kykenee tekemään tarvittavat päätelmät asiakkaan sen hetkisestä tilanteesta. Kun toipuminen on loppusuoralla, asiakkaalle tulee järjestelmän kautta tarvittavat huomautukset muun muassa tikkien poistoon. Järjestelmän sähköisen ajanvarauksen kautta asiakas varaa itse ajan tarvittaviin toimenpiteeseen, sekä siirtää ja peruuttaa hänelle sopimattomia aikoja. Asiakas saa järjestelmän kautta laskun kuntoutusjaksostaan ja hän voi myös maksaa laskun saman palvelun kautta. Laskun kautta asiakas näkee jakson kokonaiskulut, sekä kaikki siihen kuuluvat toimenpiteet.

Asiakas toteuttaa luotua suunnitelmaa ja ammattilainen seuraa sen toteutumista ja kannustaa asiakasta positiivisilla palautteilla. Ammattilaisen tavoitteena on siten auttaa asiakasta seuraamaan omaa hoitosuunnitelmaansa, sekä ylläpitämään omaa hyvinvointiaan. Tässä seurannassa voidaan hyödyntää lukuisia eri älykodeista löytyviä mittareita, jotka mahdollistavat muun muassa eri sairauksiin liittyvien mittausten tekemisen itsenäisesti, ajasta ja paikasta riippumatta. Tällaisia mittauksia voi olla muun muassa verenpaine, pulssi tai verensokeri. Mittaustulokset siirtyvät automaattisesti talteen sähköiseen omahoitojärjestelmään, josta ne ovat kaikki reaaliajassa nähtävissä niin asiakkaan itsensä toimesta, kuin myös haluttaessa omaisten ja ammattilaisten toimesta. Järjestelmä kykenee yhdistelemään mittaustuloksia useammasta laitteesta, sekä useammalta mittauskerralta ja tuottamaan näistä ana-

lysoituja tuloksia asiakkaan hoidon ja hoitosuunnitelmien tueksi. Tarvittaessa järjestelmä hälyttää asiakasta tekemään tarvittavat mittaukset tai toimenpiteet, sekä olemaan yhteydessä ammattilaiseen, mikäli mittaustuloksissa on jotain epäilyttävää. Järjestelmä voidaan muuttaa myös tekemään hälytyksiä suoraan ammattilaisille, mikäli epäillään asiakkaan omatoimisuuden laskeneen tasolle, jossa hän ei enää kykene tekemään kyseisen kaltaisia toimenpiteitä oman hyvinvointinsa parhaaksi. Kaikki keskeiset ja olennaisesti asiakkaan hoitoon vaikuttavat mittaustulokset ja analyysit siirtyvät automaattisesti talteen hoitoa tarjoavan tahon, esimerkiksi kunnan tai kolmannen osapuolen, sähköiseen potilastietojärjestelmään, ja sitä kautta valtakunnalliseen potilastiedon arkistoon.

Järjestelmään voidaan liittää taustatiedot monista eri toimintakyvyn mittareista ja arviointiasteikoista. Näiden avulla järjestelmän kautta on mahdollista saada runsaasti apua ikäihmisten toimintakyvyn arviointiin ja sitä kautta suunnata oikeanlaista apua ja tukea heidän arkeensa. Monet terveydenhuollon mittarit ja arviointiasteikot vaativat myös hoitajan haastatteluja, sillä pelkillä seurantatiedoilla ei päästä tarpeeksi syvälle esimerkiksi mielenterveyspotilaan taudin kehittymisestä tai alaraajahalvaus potilaan henkisestä hyvinvoinnista.

Suoranaisen terveydenhuollon informaation lisäksi järjestelmään voidaan liittää myös muita älykkäitä toiminnallisuuksia, kuten kodin automaatio ja turvallisuuden hallinta. Liittämällä järjestelmä osaksi suurempaa kotiautomaatio järjestelmää, saadaan huomattavasti kattavampi toteutus, jolla on myös paremmat kaupalliset edellytykset. Esimerkiksi valaistus on mahdollista kytkeä päälle, kun asukas nousee ylös sängystä. Tätä varten tarvitaan älykästä toiminnallisuutta ja kerätyn informaation analysointia gatewayn toimesta, joka sitten välittää tarvittavia käskyjä eteenpäin (tässä tapauksessa valaistukselle). Kun asukas palaa jälleen sänkyyn, gateway odottaa ennalta määritellyn ajan, ennen kuin sammuttaa jälleen valot. Järjestelmään voidaan myös kytkeä kodin kokonaisvaltaisen turvallisuus, sisältäen muun muassa palo- ja häkävaroittimet, turvakamerat, sähköiset ovilukot ja muut nykypäivän älykkäät kodin ohjausjärjestelmät. Kaupallisesti tärkeitä osa-alueita ovat erilaiset viihdepalvelut, televisio ja eri tarkoituksiin tuotetut videopalvelut, sekä erityyppiset ääni- ja videopuhelut, joiden avulla asukas kykenee helposti kommunikoimaan muun muassa omaisten ja hoitohenkilökunnan kanssa.

Edellä mainittujen jatkokehitys esimerkkien lisäksi tästä työstä on esittää myös konkreettisia jatkotoimia, sillä se toimii osana suuremman paikallisen älykotiprojektin valmistelua, jossa pyritään toteuttamaan kaupallinen ja tuotantokelpoinen äly-

kotijärjestelmä Kokkolan kaupungin kotihoidon käyttöön. Projektissa ovat mukana Jyväskylän Yliopiston Kokkolan yliopistokeskus, paikallinen operaattoriyritys, sekä Kokkolan kaupunki ja tarkoituksena on kolmen vuoden aikajaksolla saada markkinoille loppukäyttäjiä tyydyttävä, kokonaisvaltainen älykoti jossa yhdistyvät niin kotihoidon, kotiautomaation, kodin turvallisuuden, kuin palveluntarjoajan vaatimukset ja tarpeet. Tämän tutkielman rooli kyseisessä projektissa on ollut tuottaa materiaalia ja ideoita projektisuunnitelmaan, sekä toimia alustavana keskustelualustana Kokkolan kaupungin kanssa.

7 Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää sensoriverkkoteknologiaan perustuvan älykodin mahdollisuuksia tukea Kokkolan vanhuspalveluiden haasteita nykypäivänä ja tulevaisuudessa. Kokkolan vanhuspalvelut ovat samankaltaisten paineiden alla, kuin muutkin kunnat valtakunnassa. Asiakkaiden määrä nousee hälyttävällä tahdilla ja huoltosuhteet, niin Kokkolassa, kuin koko maassa, kasvavat rajusti seuraavien vuosikymmenien aikana. Tähän kehitykseen kunnat pyrkivät vastaamaan kehittämällä palvelutoimintaansa, sekä suuntaamalla voimavarojaan sinne, missä tuottavuus on suurinta ja tehokkainta. Kokkolan kaupungin tavoitteet kehityksen osalta, on keskittää toimintaa erityisesti ennakoivan hoivan suuntaan, joka käytännössä tarkoittaa palveluiden tehostamista nykyisessä kotihoidossa ja tukipalvelutoiminnassa.

Tutkimus toteutettiin Case-tapauksena, jossa suunniteltiin yksi mahdollinen, toteutettava älykoti-ratkaisu Kokkolan kaupungille. Suunnitelmaa varten tarvittiin tietoa kaupungin vanhuspalveluiden haasteista ja tarpeista, jonka vuoksi tutkimuksessa hyödynnettiin vanhuspalveluiden esimiesten kesken käytyä avointa keskustelua. Näiden keskustelujen pohjalta laadittiin yleiskuvaus Kokkolan haasteista ja tarpeista vanhuspalveluissa. Keskusteluissa nousi selkeästi esiin kolme eri vanhuspalveluiden osakokonaisuutta, tukipalvelutoiminta, ikäihmisten kotihoito, sekä ympärivuorokautinen palveluasuminen. Näitä osakokonaisuuksia käytiin haasteiden ja tarpeiden osalta läpi omina osioinaan, sekä luotiin kuva niiden yksilöllisistä tavoitteista suunniteltavan älykodin osalta. Lopputuloksena tutkimuksessa päädyttiin rajaamaan suunnitelma koskemaan pelkästään Kokkolan kaupungin tukipalvelutoimintaa. Rajaus tehtiin perustuen kaupungin omiin näkemyksiin pyrkiä löytämään tukea mahdollisimman suurelle asiakasmäärälle.

Tutkimuksen case-tapauksessa suunniteltiin kattava ja helposti muutettavissa oleva sensoriverkkoratkaisu. Sensoriverkko suunniteltiin PAN-verkoksi, jossa sensorit sijoitellaan asukkaan ympäristöön, mittaamaan asukkaan liikettä, paikannusta, sekä yleisiä asunnon ympäristömuuttujia, kuten asunnon lämpötilaa, kosteutta ja valoa. Ratkaisusta päädyttiin jättämään pois kaikki sensortechnologia, joka vaatisi mittauksia asukkaan kehosta, sekä kaikki ääneen ja kuvaan liittyvä informaati-

tio. Tällä tavalla pyrittiin löytämään ratkaisu, joka olisi asiakkaan yksityisyyden ja turvallisuuden kannalta mahdollisimman kevyt, sekä ennen kaikkea ratkaisu, joka olisi toteutuskelpoinen lähitulevaisuudessa.

Jatkokehityksenä suunniteltuun järjestelmään voidaan liittää myös muita sensoriratkaisuja, tukemaan asianmukaista hoitoa ja järjestelmän tavoitteita. Tällaisia ratkaisuja voivat olla muun muassa asiakkaan kehoon sijoitettavat BAN-verkot, joilla voitaisiin tavoitella tarkempien vitaaliarvojen, tai yksityiskohtaisemman liikeinformaation keräämistä. Lisäksi järjestelmää voidaan kehittää lisäämällä sen toiminnallisuuteen myös muita älykkäitä sensortechnologioita, kuten kodin automaatio ja turvallisuus. Näin saavutettaisiin kokonaisvaltaisempi älykotijärjestelmä, jolla olisi mahdollista palvella laajempaa asiakaskuntaa, aina lapsista, ikäihmisiin saakka.

Lähteet

- [1]
- [2] Elite care. URL <http://www.elitecare.com/>, viitattu 18.3.2014.
- [3] Tigerplace - independent living by americare. URL <http://www.americareusa.net/location/tigerplace/>?, viitattu 18.3.2014.
- [4] ALEMDAR, H., JA ERSOY, C. Wireless sensor networks for healthcare: A survey. *Computer Networks* 54, 15 (2010), 2688 – 2710.
- [5] AMEEN, M. A., JA KWAK, K. Social issues in wireless sensor networks with healthcare perspective, 2008.
- [6] ANTOLIN, P., H. O., JA SUYKER, W. How will ageing affect finland. URL <http://dx.doi.org/10.1787/361422456778>, viitattu 3.3.2014.
- [7] ANTTI, H. Ikläihmisen kotona asumisen tukeminen langattoman sensoriverkon avulla, pro gradu -tutkielma. URL <https://www.jyu.fi/it/laitokset/mit/opiskelu/maisteriopinnot>, viitattu 12.10.2014.
- [8] ASSOCIATION, A. Alzheimers disease: The costs to u.s. businesses in 2002, 2002. URL: http://preview.alz.org/national/documents/report_alzcosttobusiness.pdf, viitattu 17.3.2014.
- [9] BULT, K., BURSTEIN, A., CHANG, D., DONG, M., FIELDING, M., KRUGLICK, E., HO, J., LIN, F., LIN, T., KAISER, W., MARCY, H., MUKAI, R., NELSON, P., NEWBURG, F., PISTER, K., POTTIE, G., SANCHEZ, H., SOHRABI, K., STAFSUDD, O., TAN, K., YUNG, G., XUE, S., JA YAO, J. Low power systems for wireless microsensors. URL <http://http://robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/290Q/Papers/Wireless%20Microsensors%20UCLA%2096.pdf>, viitattu 15.3.2014.
- [10] CHAN, M., CAMPO, E., ESTEVE, D., JA ESCRIBA, C. A review of smart homes - present state and future challenges. *Computer methods and programs in biomedicine* 91 1, 1 (2008), 55–81.

- [11] CHAN, M., CAMPO, E., ESTEVE, D., JA FOURNIOLS, J.-Y. Smart homes - current features and future perspectives. *Maturitas* 64 1, 1 (2009), 90–97.
- [12] CHETAN, S., RANGANATHAN, A., JA CAMBELL, R. Towards fault tolerant pervasive computing. *IEEE Technology and Society Magazine* 24, 1 (2005), 38–44. URL <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.90.3280&rep=rep1&type=pdfviitattu> 23.3.2014.
- [13] CHINTALAPUDI, K., FU, T., PAEK, J., KOTHARI, N., RANGWALA, S., CAFFREY, J., GOVINDAN, R., JOHNSON, E., JA MASRI, S. Monitoring civil structures with a wireless sensor network. *Internet Computing, IEEE* 10, 2 (March 2006), 26–34.
- [14] COURTNEY, K. L. Privacy and senior willingness to adopt smart home information technology in residential care facilities. *Methods of Information in Medicine* 47, 1 (2008), 76–81.
- [15] DARGIE, W., JA POELLABAUER, C. *Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice*. John Wiley and Sons, Inc., 2010.
- [16] ELÄKETURVAKESKUS. Eläkkeellesiirtymisiän odote. URL http://www.etk.fi/fi/service/el%C3%A4kkeellesiirtymisi%C3%A4n_odote/677/el%C3%A4kkeellesiirtymisi%C3%A4n_odote, viitattu 2.3.2014.
- [17] EUROSTAT, E. C. Demography report 2010. URL http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KE-ET-10-001/EN/KE-ET-10-001-EN.PDF, viitattu 29.1.2014.
- [18] EUROSTAT, E. C. Population structure and ageing. URL http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Population_structure_and_ageing, viitattu 26.1.2014.
- [19] EUROSTAT, E. C. Healthcare statistics, 2012. URL: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Healthcare_statistics, viitattu 17.3.2014.
- [20] HARROP, P., JA DAS, R. Wireless sensor networks 2014-2024: Forecasts, technologies, players. Tekninen raportti, IDTechEx, 2014. URL: <http://www.idtechex.com/research/reports/wireless-sensor-networks-wsn-2012-2022-forecasts-technologies-players-0.asp?viewopt=showall>, viitattu 17.3.2014.

- [21] HAUX, R. Individualization, globalization and health - about sustainable information technologies and the aim of medical informatics. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2006.05.045>, viitattu 17.3.2014.
- [22] HELAL, S., MANN, W., EL-ZABADANI, H., KING, J., KADDOURA, Y., JA JANSEN, E. The gator tech smart house: a programmable pervasive space. *Computer* 38, 3 (March 2005), 50–60.
- [23] ISO-KETOLA, P., KARINSALO, T., JA VANHALA, J. Hipguard: A wearable measurement system for patients recovering from a hip operation. Julkaisusarjassa *Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 2008. PervasiveHealth 2008. Second International Conference on* (Jan 2008), pp. 196–199.
- [24] JR., E. H. C. *Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols*. Auerbach Publications, 2004.
- [25] KIM, S., PAKZAD, S., CULLER, D., DEMMEL, J., FENVES, G., GLASER, S., JA TURON, M. Health monitoring of civil infrastructures using wireless sensor networks. Julkaisusarjassa *Information Processing in Sensor Networks, 2007. IPSN 2007. 6th International Symposium on* (April 2007), pp. 254–263.
- [26] KO, J., LU, C., SRIVASTAVA, M., STANKOVIC, J., TERZIS, A., JA WELSH, M. Wireless sensor networks for healthcare. *Proceedings of the IEEE* 98, 11 (Nov 2010), 1947–1960.
- [27] KOMISSIO, E. Y. European economy, the long-term sustainability of public finances in the european union. URL http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/publication7903_en.pdf, viitattu 2.3.2014.
- [28] KOMISSIO, E. Y. Komission tiedonanto, euroopan väestökehitys - haasteista mahdollisuuksiin. URL <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0571:FIN:FI:PDF>, viitattu 2.3.2014.
- [29] KRISHNAMACHARI, B. *Networking Wireless Sensors*. Cambridge University Press, 2005.
- [30] KUANG, K. S. C., QUEK, S. T., JA MAALEJ, M. Remote flood monitoring system based on plastic optical fibres and wireless motes. *Sensors and Actuators A: Physical* 147, 2 (2008), 449 – 455.

- [31] KUNTALIITTO. Väestömuutos 2012 - 2030. URL <http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tilastot/vaestotietoja/Documents/V%C3%A4est%C3%B6muutos%202012%20-%202030.pdf>, viitattu 18.3.2014.
- [32] LE, H. H. B., MASCOLO, M. D., GOUIN, A., JA NOURY, N. Health smart home for elders - a tool for automatic recognition of activities of daily living. *30th Annual International IEEE EMBS Conference 1*, 1 (2008), 3361–3319.
- [33] LEBELLEGO, G., NOURY, N., VIRONE, G., MOUSSEAU, M., JA DEMONGEOT, J. A model for the measurement of patient activity in a hospital suite. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* 10, 1 (Jan 2006), 92–99.
- [34] LLORET, J., GARCIA, M., BRI, D., JA SENDRA, S. A wireless sensor network deployment for rural and forest fire detection and verification. *Sensors 2009, MDPI* 9 (2009), 8722–8747.
- [35] LUOMA, K., RÄTY, T., MOISIO, A., PARKKINEN, P., VAARAMA, M., JA MÄKINEN, E. Seniori-suomi. Tekninen raportti, Sitra, 2003. URL: <https://www.sitra.fi/>, viitattu 11.3.2014.
- [36] PARE, G., JAANA, M., JA SICOTTE, C. Systematic review of home telemonitoring for chronic diseases: The evidence base. *Journal of the American Medical Informatics Association* 14, 3 (2007), 269–277.
- [37] RAHIMPOUR, M., LOVELL, N. H., CELLER, B. G., JA MCCORMICK, J. Patients perceptions of a home telecare system. *International Journal of Medical Informatics* 77, 7 (2008), 486–498.
- [38] TAMURA, T., KAWARADA, A., NAMBU, M., TSUKADA, A., SASAKI, K., JA YAMAKOSHI, K.-I. E-healthcare at an experimental welfare techno house in japan. *The Open Medical Informatics Journal* 1, 1 (2007), 1–7.
- [39] TILASTOKESKUS. Väestöennuste 2009-2060. URL http://www.tilastokeskus.fi/til/vaenn/2009/vaenn_2009_2009-09-30_tie_001_fi.html, viitattu 2.3.2014.
- [40] VIRONE, G., NOURY, N., JA DEMONGEOT, J. A system for automatic measurement of circadian activity deviations in telemedicine. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on* 49, 12 (Dec 2002), 1463–1469.

- [41] WERNER-ALLEN, G., LORINCZ, K., RUIZ, M., MARCILLO, O., JOHNSON, J., LEES, J., JA WELSH, M. Deploying a wireless sensor network on an active volcano. *Internet Computing, IEEE* 10, 2 (March 2006), 18–25.
- [42] WIMO, A., WINBLAD, B., JA JONSSON, L. An estimate of the worldwide prevalence and direct costs of dementia in 2003. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders* 21, 3 (2006), 175–181. URL <http://www.karger.com/DEMviitattu> 19.3.2014.
- [43] WIMO, A., WINBLAD, B., JA JONSSON, L. The worldwide societal costs of dementia: Estimates for 2009. *Alzheimer's and Dementia* 6, 2 (2010), 98–103. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1552526010000154viitattu> 19.3.2014.
- [44] WOOD, A., SELAVO, L., JA STANKOVIC, J. Senq: An embedded query system for streaming data in heterogeneous interactive wireless sensor networks. Kirjassa *Distributed Computing in Sensor Systems*, S. Nikolettseas, B. Chlebus, D. Johnson, ja B. Krishnamachari, Eds., vol. 5067 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 531–543.
- [45] WOOD, A., STANKOVIC, J., VIRONE, G., SELAVO, L., HE, Z., CAO, Q., DOAN, T., WU, Y., FANG, L., JA STOLERU, R. Context-aware wireless sensor networks for assisted living and residential monitoring. *Network, IEEE* 22, 4 (July 2008), 26–33.
- [46] XU, N., RANGWALA, S., CHINTALAPUDI, K. K., GANESAN, D., BROAD, A., GOVINDAN, R., JA ESTRIN, D. A wireless sensor network for structural monitoring. Julkaisusarjassa *Proceedings of the 2Nd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems* (New York, NY, USA, 2004), SenSys '04, ACM, pp. 13–24.
- [47] YAMAZAKI, T. Beyond the smart home. Julkaisusarjassa *Hybrid Information Technology, 2006. ICHIT '06. International Conference on* (Nov 2006), vol. 2, pp. 350–355.